318079-02

상온 유통 압출 떡의 유통기한 연장기술 개발

2021

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

보안 과제( ), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개( )발간등록번호(O)

농축산물안전유통소비기술개발사업 2021년도 최종보고서

발 간 등 록 번 호
11-1543000-003368-01

상온 유통 압출 떡의 유통기한 연장기술 개발

2021. 01. 22.

주관연구기관 / 강원대학교 산학협력단
협동연구기관 / 신양식품

농 림 축 산 식 품 부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “상온 유통 압출 떡의 유통기한 연장기술 개발”(개발기간 : 2018. 09. 10 ~ 2020. 09. 09)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 01. 22.

주관연구기관명 : 강원대학교 산학협력단 (신대용) (인)

협동연구기관명 : ㈜신양식품 (최용덕) (인)

참여기관명 : 정남농협 (우재덕) (인)

주관연구책임자 : 윤원병
협동연구책임자 : 송은정
참여기관책임자 : 김은혜

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>318079-02</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2018.09.10.
~2020.09.09</td><td>단 계 구 분</td><td>(해당단계)/
(총 단 계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>단 위 사 업</td><td colspan="4">농식품기술개발사업</td></tr>
<tr><td>사 업 명</td><td colspan="4">농축산물안전유통기술개발사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">(해당 없음)</td></tr>
<tr><td>세부 과제명</td><td colspan="4">상온 유통 압출 떡의 유통기한 연장기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">윤원병</td><td>해당단계
참여연구원
수</td><td>총: 8명
내부: 5명
외부: 3명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부: 200,000천원
민간: 66,800천원
계: 266,800천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여연구원
수</td><td>총: 8명
내부: 5명
외부: 3명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 200,000천원
민간: 66,800천원
계: 266,800천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="3">-</td><td colspan="2">참여기업명
신양식품, 정남농협</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명: -</td><td colspan="2">상대국 연구기관명: -</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="3">연구기관명: -</td><td colspan="2">연구책임자: -</td></tr>
</table>

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명정보	생물자원	정보	실물
등록·기탁번호	Y	Y	Y	N	Y	N	N	N	N	N	N

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

보고서 면수
241

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

1) 압출떡의 상온유통 12개월 이상 확보
- 산배합/침지-가열살균 복합공정을 개발 및 최적화하여 압출떡의 유통기한을 상온에서 12개월로 연장함

2) 대용량 포장(B2B)의 최적살균시간 계산
- 다양한 용량의 제품의 목표살균도를 달성할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 냉점분석과 최적 살균시간 계산법 도출
- 대용량 제품의 경우 냉점과 표면의 온도차가 커지게 되며 이는 표면쪽 제품의 과살균으로 인한 품질저하를 가져옴
- 시뮬레이션을 통한 냉점과 형상효과를 검증하여 포장용기의 형상을 변경하여 살균시간을 최소화함

3) 산미료의 국산소재화 검증
- 현재 사용되고 있는 수입산 산미료의 기능을 국산 산미료를 사용하여 대체할 수 있음을 검증

4) 이산화염소기체 건조법을 이용한 초기 오염도 감소
- 압출떡의 방냉건조(숙성)실에 이산화염소기체를 이용하여 방냉 중 발생하는 이차오염도를 최소화하고 감균효과 검증

5) 살균 떡국떡의 응집도 감소기술개발
- 표면적이 넓은 떡국떡의 경우 살균 시 상호결착하는 현상이 있으며 이는 소비자선호도를 감소시킴
- 접촉표면적을 최소화하고 살균 후 냉각을 통하여 응집도를 최소화하여 비선호요인을 최소화함

<요약문>

연구의 목적 및 내용	*** 압출 떡의 유통기한을 최대 상온 12개월까지 연장하는 기술 개발** 1) 압출 떡 생산·유통현황 조사 ○ 정남농협의 압출떡의 판매현황조사 - 압출 떡 제품의 종류, 유통기한, 단량 및 가격 등의 현황 파악 - 압출 떡 제조 회사의 제조 공정 파악 2) 기존 상온 압출 떡류(떡볶이, 떡국용) 가공기술 연구 ○ 선행 가공기술별 특성 검토 - 기존의 공정에서 이용하고 있는 압출 떡의 유통기한 연장을 위한 미생물적 안전성 확보 방법 확인 및 분석 ○ 유통기한 연장을 위한 선행 가공기술 중 개선 사항 발굴 - 기존 공정으로 압출 떡 생산 시 발생하는 미생물 안전성 문제 사례 확인 및 분석 - 단위 공정의 개선 혹은 추가 공정을 통한 압출 떡 가공기술 개선 3) 압출 떡의 상온 유통기한 연장기술 연구 ○ 원료 전처리 기술 개발 - 원료 쌀가루에 산미료 첨가 방식으로 pH를 조절하여 압출 떡의 미생물 저감화 - 산미료에 따른 압출 떡의 가공적성 특성 변화를 고려한 적정 첨가 비율의 설정 ○ 최적 가공기술 연구 - 기존 압출 떡 공정에서 혼합과 증숙 단계가 분리되어 발생하는 미생물 오염 문제를 저감화 하고자 혼합과 증숙을 동시에 적용하는 공정 도입 - 압출 떡의 pH 조절로 인한 증숙 후 물성 변화를 확인하여 압출 떡의 성형 및 절단 공정에 적합한 물성을 확인 ○ 살균 가공기술 연구 - 품질 특성의 변화를 최소화하는 살균 기술 도입 - 압출 떡의 포장 단량에 따른 냉점 분석 및 F-value의 계산을 통한 최적 살균 시간 도출 - 압출 떡의 초기 pH에 따른 살균도 및 pH와 열처리 시간의 상관관계 도출

	○ 표면코팅 및 포장 가공기술 연구 - 떡 표면의 산미료 수용액 코팅을 통한 pH 조절로 미생물 안전성 확보 - 산미료 수용액의 적정 농도 확립 및 코팅 시간에 따른 압출 떡의 pH 변화 확인 - 압출 떡의 저장 시 품질 변화를 최소화하는 특성을 가지는 포장재 선정 4) 상온 신 유통 가공공정 기술 확립 ○ 외부 오염 및 기타 요인으로 인한 제품 위해 발생 방지를 위한 공정 설계 - 압출 떡의 공정을 분석하여 단위 공정 중 방랭/건조공정과 같은 외부 오염으로부터 취약한 공정을 확인하고 공정 개선을 통한 상온 신 유통 가공공정 기술 확립 ○ 현장 가공적성 시험을 통한 최적 제조 공정 확립 - 실험실 규모의 최적 가공 조건을 산업 규모로 스케일업(scale-up) 하여 최종 제품의 물성 및 형상 변화 확인 및 변화 최소화 ○ 시제품 및 상품화 연구(떡볶이, 떡국류) - 상온유통 압출 떡의 시제품 생산 및 다양한 굵기 및 모양을 가지는 제품의 상품화 계획 5) 현장적용을 통한 실증연구 ○ 농협경제지주 소속 회원 조합으로 개발기술 실증 및 기술 이전 - 정남농협 압출떡 가공 공장으로 개발기술 실증 및 기술 이전 (기술 실증을 위해 필요한 설비, 공정에 대한 자문을 포함)
연구개발성과	1) 기술이전 (1건) – 정남농협 화성웰빙떡클러스터 측에 ‘유통기한이 연장된 압출 떡의 제조방법’, ‘접촉면적을 감소시킨 떡국떡의 제조방법’, ‘이산화연소가 처리된 가래떡 또는 떡볶이떡 제조방법’의 총 3건에 대한 기술이전을 실시 2) 교육지도 (15건) – ‘상온유통 떡의 살균 및 포장공정 평가’ 의 제목으로 2020.07.01.~2020.08.16. 간 11차례에 걸쳐 교육지도 실시 – ‘가족회사 수요 기반 재직자 교육- ㈜신양식품’의 제목으로 2020.01.07.~2020.01.10. 간 교육지도 실시

	– ‘압출떡의 유통기한 연장’의 제목으로 2020.07.24.~2020.08..03 간 3차례에 걸쳐 교육지도 실시 3) 인력양성 (2건) – 인력양성으로서 본 과제에 참여연구원이었던 정화빈 연구원의 석사 학위 배출(2019년도) – 인력양성으로서 본 과제에 참여연구원이었던 이윤주 연구원의 석사 학위 배출(2020년도) 4) 특허(3건) - 이산화염소가 처리된 가래떡 또는 떡볶이떡의 제조방법 - 접촉 면적을 감소시킨 떡국떡의 제조방법 - 유통기한이 연장된 압출 떡의 제조방법 5)논문 (7건) ○ SCI - A quantitative microbiological exposure assessment model for Bacillus cereus in pasteurized rice cakes using computational fluid dynamics and Monte Carlo simulation(Food research international, 125, 1~12p) - Effects of Low-Temperature Drying with Intermittent Gaseous Chlorine Dioxide Treatment on Texture and Shelf-Life of Rice (PROCESSES, 8(3), 1~18p) - Developing an Accurate Heat Transfer Simulation Model of Alaska Pollock Surimi Paste by Estimating the Thermal Diffusivities at Various Moisture and Salt Contents (International journal of food engineering, 16(5), 1~194p) - Effect of Freeze-Drying on Quality and Grinding Process of Food Produce: A Review (PROCESSES, 8(3), 1-23, 2.753) ○ 비SCI - 압출떡의 유통기한 연장을 위한 LED 조사의 Bacillus cereus 억제 효과 및 LED의 배열에 따른 빛의 조사 패턴 시뮬레이션(Journal of applied biological chemistry, 62(2), 181 ~ 186p) - 산 침지와 이산화 염소 건조 공정을 통한 떡의 유통기한 연장 연구(강원 농업생명환경연구, 32(2), 90~98p) - 반응표면분석을 이용한 압출 떡 제조 공정의 최적화 (한국식품저장유통

	학회, 27(5), 601~616p) 6) 학술대회 발표(3건) - 압출떡의 유통기한 연장을 위한 LED 조사의 Bacillus cereus 억제 효과 및 LED 배열의 따른 빛의 조사 패턴 시뮬레이션 - Optimization of acid treatment in extending white rice cake storability - Inhibitory effect of acid treatment on the growth of Bacillus cereus in cooked rice cake 7) 고용창출(1건) - 신양식품 정윤미 연구원의 고용창출 (2018.09.27.) 8) 기술이전 (1건) - 정남농협과 기술이전계약 체결 (2020.09.04.)
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	- 상온유통 압출 떡 제조 기술 확보와 이를 통한 상온유통 신제품 출시 - 지속적인 연구개발을 통한 살균공정의 최적화 및 건조공정을 결합한 살균기술 개발 - 국내 및 해외시장에 장기간의 유통이 가능한 압출 떡 제품의 출시 및 공급을 통한 떡류 시장 확대 - 제품개발을 통한 시장 활성화 및 생산량 증대를 통한 국내의 쌀 소비 촉진

국문핵심어 (5개 이내)	쌀	떡볶이	압출떡	유통기한	살균
영문핵심어 (5개 이내)	Rice	Topokki	Rice cake	Shelf-life	Sterilization

<본문목차>

〈 목 차 〉

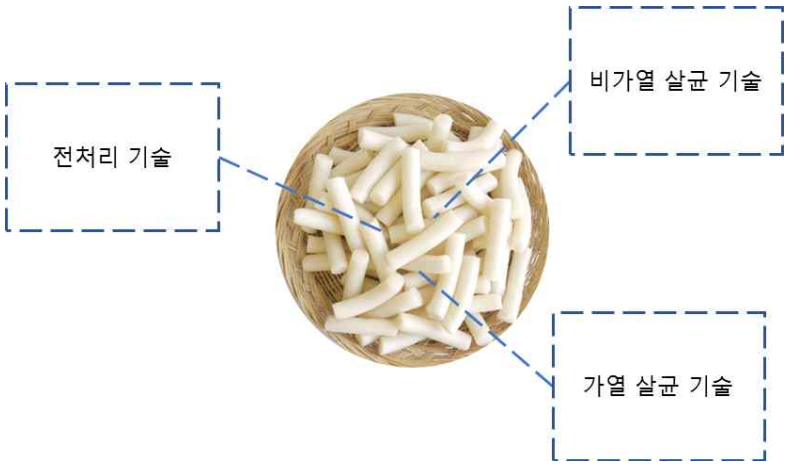
1. 연구개발과제의 개요 ····· 2
2. 연구수행 내용 및 결과 ····· 9
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 193
4. 연구결과의 활용계획 등 ····· 200
5. 첨부자료 ····· 202
6. 기타사항 ····· 220
붙임. 참고문헌 ····· 221

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발의 개요

1. 연구개발 개요: 유통 시 운송비용 절감 및 안정적인 제품 수출을 위한 유통기한이 연장된 압출 떡 제조 기술개발



2. 핵심기술

- 전처리 기술: 원료의 산미료 첨가를 통한 미생물 저감화 전처리 기술
- 살균 기술: 비가열 살균 및 가열 살균을 통한 압출 떡의 살균 기술

(1) 비가열 살균: 떡의 압출 후 떡 표면 살균을 위한 산미료 침지

(2) 가열 살균: 고온 살균 시에 일어나는 품질의 변화를 최소화하기 위한 떡의 포장 후 저온에서의 스팀 살균

제 2절 연구개발의 목표

1. 최종목표

○ 압출 떡의 유통기한을 최대 상온 12개월까지 연장하는 기술개발

2. 세부목표

(1) 역매칭 기관(정남농협)에서 제조 및 유통되고 있는 떡볶이 및 떡국떡의 현황 파악

○ 역매칭 기관에 납품되고 있는 압출 떡의 현황 파악

- 과제 협의회에서 역매칭기관인 정남농협에서 제조 및 유통하는 압출떡에 집중하여 현황 파악을 실시하기로 결정

(2) 기존 상온 압출 떡류(떡볶이, 떡국용) 가공기술 연구

○ 선행 가공기술별 특성 검토

- 기존 공정의 미생물적 안전성 확보 방법을 확인 및 분석

○ 유통기한 연장을 위한 선행 가공기술 중 개선 사항 발굴

- 기존 압출 떡의 공정의 문제점 분석
- 기존 압출 떡의 개선 방법 확립

(3) 상온 떡 유통기한 연장기술 연구

○ 원료 쌀가루 전처리 기술개발

- 산미료 첨가를 통해 미생물 저감이 가능한 pH 범위 도출
- 산미료 적정 첨가 비율 설정

○ 최적 가공기술 연구(증숙, 성형, 절단 기술 등)

- 산미료 첨가에 따른 증숙 후 품질 특성 변화 최소화
- 성형 및 절단 공정에 적합한 압출 떡의 물성 및 pH 범위 확인

○ 살균 가공기술 연구(내/외부 살/멸균 기술 등)

- 압출 떡 포장 단량에 따른 최소 살균 시간 도출
- 압출 떡 pH값에 따른 살균 축소 가능 시간 도출

○ 표면코팅 및 포장 가공기술 연구

- 압출 떡의 미생물 안전성을 확보하는 산침지 농도, 시간 도출
- 포장재의 산소 투과도 및 인장도 검증, crack 발생도 확인을 통한 품질 변화를 최소화

하는 포장재 도출

(4) 상온 신 유통 가공공정 기술 확립

○ 외부 오염 및 기타 요인으로 인한 제품 위해 발생 방지를 위한 공정 설계

- 외부 오염이 발생하는 공정 분석
- 위해 공정 생략 및 신 공정 기술 도입(수침 후 분쇄, 방냉건조 공정 기술)

○ 현장 가공적성 시험을 통한 최적 제조 공정 확립 (실제 제조 공정기술)

- 최종 떡의 목표 pH를 만족시키는 제조 공정 확립
- 최종 떡 제품의 품질 특성 변화 최소화
- 소비자 기호도 평가, CLT 테스트

○ 시제품 및 상품화 연구(떡볶이, 떡국류)

- 상온 유통 압출 떡 시제품 생산
- 압출 떡의 다양한 굵기 및 모양을 반영하는 상품화(새로운 모형 추가)

(5) 현장 적용을 통한 실증연구

○ 농협경제지주와 협의하여 압출 떡 생산현장에서 개발기술 실증

- 농협과 관계된 압출 떡 제조 회사의 맞춤식 살균 기술개발 및 기술 이전 (역매칭 기관인 정남농협에 기술이전)

제 3절 국내·외 기술개발 및 현황

1. 국내 기술개발 수준 및 현황

가. 기술현황

- 식품제조업체에서 생산된 압출 떡(떡볶이 떡 및 떡국 떡 등)은 B2C 및 B2B 판매가 이루어지고 있으나 B2B의 경우 상온에서 단시간 내에 당일 생산에 필요한 물량을 유통하여 즉석으로 완제품을 생산하는 방식으로 판매되고 있음.

- 현재 소매 유통채널에서 유통되고 있는 여러 가지 압출 떡(떡볶이 떡 및 떡국 떡 등)은 냉장 혹은 냉동 형태로 보관되어 유통되고 있으며 유통기한은 보통 1~2개월 (냉장)으로 짧은 유통기한을 가지고 있음.

- 압출 떡의 배합비 및 공정 변화를 통해 저장 기간을 증가시키기 위한 연구가 진행되어 오고 있으나, 상온 장기 유통에 관한 연구가 미흡함.

- 국내에서 유통되고 있는 냉장 및 상온유통 압출 떡은 건조된 상태로 낮은 수분 활성도로 미생물 안전성을 확보하여 판매되고 있음.

- 특히 B2B보다는 B2C 판매용으로 건조 떡이 유통되고 있으며, 건조 조건 조절뿐만 아니라 pH 조절을 통해 장기간 유통기한을 확보하기도 하였음.

- 국내의 제조사는 중소기업 수준의 제조 규모를 가지고 있으므로 규모의 경제에서 경쟁력이 낮은 상태이며, 또한 제조공법상 미생물 오염에 노출되는 전통적인 공법을 사용하는 제조사가 대다수임.

나. 시장현황

- 떡류 시장 규모는 2조 원으로 추산되고 전통 소재 중심 가래떡류와 떡볶이류가 대표적인 제품임.

- 특히, 떡볶이 시장은 매년 상승세를 보이며, 전통 떡에서 가공 떡 유통 구조로 변화하고 있음.

- 일반 소매 채널로 유통되고 있는 떡볶이 떡, 떡국 떡, 떡류 등의 시장 규모는 2014년 기준 약 830억 원이며, 2013년도 629억 원과 비교하면 30.3% 증가한 규모임.

- 가공 떡 시장에서 떡볶이 떡의 점유율이 2015년 3/4분기 누계 69.7%로 가장 높은 점유율을 보이며, 지속해서 점유율이 증가하고 있음.

- 떡류의 국내 출하 규모는 총출하량 18만 6천 톤, 총 출하액 4,601억 원임. 이는 주로 압출 떡(떡볶이 떡 및 떡국 떡 등)을 생산하는 식품제조가공업체의 실적임.

다. 경쟁기관현황

- 현재 국내 B2C 브랜드는 오뚜기, CJ, 동원, 풀무원, 송학식품, 칠갑농산, ㈜미정 등이 있음.

- B2C용 압출 떡 냉장 제품의 유통기한은 평균 2~6개월이며 상온유통의 경우 '동원'에서 유통되고 있는 제품군이 대표적임.

<Table 1. 국내・외 주요시장 경쟁사>

경쟁사 명	제품명	판매가격 (천원)	연 판매액 (천원)
① 풀무원	생가득 한입떡볶이떡, 생가득 바로조리 순쌀떡볶이	2~3.9	22,333,000
② ㈜미정	구멍쏭쏭 쌀떡볶이, 구멍쏭쏭 밀떡볶이	1.8	1,826,000
③ CJ제일제당	참쌀왕떡볶이떡, 밀당의 고수 화끈한 불떡볶이	2~4.6	4,161,000

라. 지식재산권현황

- 압출 떡의 상온유통 기술개발에 관련된 특허가 여러 개 존재함.

- '장기 보존이 가능한 떡 제조 방법(1020110115810)'에서는 실온에서 적어도 1주일 이상 보존이 가능한 떡을 제조하는 방법에 관한 기술을 설명하며, 원료에 광천수, 베이킹파우더 및 효모를 첨가하고 발효, 숙성 후 녹차 씨 기름을 혼합시킨 후 증숙 공정 후 물엿, 올리고당, 녹차 씨 기름에 침지시키는 방식을 사용함.

- 원료에 쌀, 물 외에 여러 가지 특수한 성분들을 첨가하고 추가로 발효와 숙성과정을 거친 후 떡을 증숙하였는데 이와 같은 과정들을 떡볶이 떡 생산 공정에 추가시켰을 시에는 비용이 많이 들며 원부재료 및 생산성 저하로 인한 원가상승이 예상됨.

- 또한, 이 특허에서는 실온에서 1주일 이상 굳어지지 않고 보존이 가능한 떡 개발을 하고자 하였으며 이는 현실적으로 상업적인 상온유통을 하기에 충분한 기간이 아님.

- 본 연구에서는 원료에 다른 성분들을 추가하지 않고 미생물적 위생 문제를 해결하고 12개월 상온유통이 가능한 떡을 제조하고자 함.

- '장기보존이 가능한 떡 제조 방법(1020030049375)'은 장기 보존이 가능한 떡을 제조하고자 유기산을 세척된 쌀에 첨가하여 분쇄 후 호화, 성형시키는 방법을 사용함.

- 미생물을 효과적으로 제거하고 위생적인 공정 조건을 유지하기 위해 산미료를 사용했다고 하였으나 이는 본 연구에서 사용하는 조건과 다름.

- 본 연구에서는 산미료를 쌀 원료에 첨가하는 방식뿐만이 아닌 떡볶이의 호화 성형 후 냉각하는 과정에서도 침지할 계획임. 쌀 원료에 첨가할 경우 가공공정 중에 산미료의 효과가 손실되며 이는 산미료의 효과를 저감화하며 전체공정의 장비에 산미료의 오염에 의한 세척을 지속해서 해주어야 하는 단점이 있음.

- 또한, 본 연구에서는 호화 및 성형된 떡에 연속적인 산미료 침지와 가열 살균 공정을 추가하여 생산성이 높으며 안전성이 확보된 상온유통 떡볶이 떡의 제조 기술을 개발하고자 함.

- '상온에서 장기 보존이 가능한 떡볶이 떡의 가공방법(1020110135399)' 은 떡볶이 떡의 미생물 증식을 억제하여 6개월 이상 장기 보존을 위한 떡볶이 떡 가공방법에 관한 내용임. 사용한 방법은 떡볶이 떡의 냉각 후 1차, 2차 건조를 통해 떡의 수분함량을 낮추고 유기산을 이용해 pH를 3.8~4로 유지하는 방법임.

- 이 특허에서도 산미료를 원료에 첨가하였으며 떡 포장 후 살균 공정이 포함되어 있지 않음. 또한, 건조공정에서 장시간 체류하므로 생산성이 저하되며 추후 떡볶이 떡의 섭취 시 복원력에 대한 문제점을 가지고 있음.

- 본 연구에서는 미생물 오염에 취약한 건조 공정을 생략하고 산미료를 쌀가루에 첨가하고 떡의 성형 후 침지하는 공정의 개발과 떡의 포장 후 살균 공정을 거치는 것으로 다른 기술과의 차별성을 두고자 함.

마. 표준화현황

- 식품 공전 상에서 떡류의 식품 기준 및 규격은 사카린나트륨이 검출되어서는 안 되며 대장균의 균 수가 n (검사 시료 수)=5, c (최대 허용 시료 수)=1, m (미생물 최소 허용 기준, 결과가 m 이하일 때 적합)=0, M (미생물 한계 허용 기준, 결과가 n 수 중 하나라도 M을 초과한 경우 무조건 부적합)=10이어야 함.

- 압출 떡의 공정은 표준화되어 있지 않음.

- 압출 떡을 생산하기 위한 원료의 표준화, 공정의 표준화, 위해요소(HACCP), 제품의 표준화가 필요함.

- 표준화를 통해 원료의 조건이 달라짐에 따라 공정이 달라지고 최종적으로 제품의 품질이 달라지는 문제점을 해결할 수 있음.

2. 국외 기술개발 수준 및 현황

가. 기술현황

- 해외에서 유통되고 있는 압출 떡의 90%는 냉동(일부 냉장) 제품이며, 10%만 상온유통 제품임.

- 상온 B2C 제품의 경우 3~4개월 정도의 짧은 유통기한을 가짐.

- 상온 제품에는 탈산소제를 포함하였으며, 탈산소제로 인해 유통기한이 연장될 수 있는 만큼 소포장 제품만 존재함.

나. 시장현황

- 떡 수출은 2013년 4,300톤, 2014년 4,630톤, 2015년 4,550톤, 2016년 5,094톤으로 증가 추세에 있으며 이후에도 계속 상승 추세를 보일 것으로 예상.

- 베트남은 2013년에 한국으로부터 39만 9,000달러 규모의 떡류를 수입한 것으로 파악되었으며, 이는 2009년 대비 6% 증가한 수치임.

- 우리나라 수출업체 또는 현지인들이 현지에 공장 설립하여 떡볶이 떡을 판매함.

- 과거 한인 수입상은 한인 마켓 공급 중심으로 판매했었으나 최근 한국식품 수입 증가, 현지인의 한국식품 관심 증가 등으로 현지유통 매장으로 납품하는 경우가 증가함.

- 한국식품의 주 판매시장은 한인 슈퍼이지만 최근 현지인 유통채널로 진출 확대되는 추세임.

- 우리나라에서 해외로 주로 수출하는 품목인 가래떡, 떡볶이 떡 등이 중국에서도 유통되고 있으며, 현지에서 직접 생산 판매하는 제품도 다수 존재함.

- 최근에는 떡볶이 등을 파는 분식집도 중국에서 인기가 높아지고 있으며 떡볶이 프랜차이즈 전문점 및 테이크 아웃 전문점도 있음.

다. 경쟁기관현황

- 미국에서 떡볶이 떡은 한국에서 수입, 또는 대부분 한인 마트 방앗간에서 전통적인 방법을 이용하여 생산함.

제 2장 연구수행 내용 및 결과

제 1절 연구 개발 내용 및 결과

1. 주관연구기관(강원대학교 산학협력단):

가. 압출 떡 생산·유통현황 조사

◆ 역매칭 기관(정남농협)에 유통되고 있는 떡볶이 및 떡국떡의 현황 파악

● 배경

- 쌀 및 쌀가루를 이용하여 압출 떡을 제조하는 회사의 경우 농협식품(농업회사법인농협식품(주))과 연계하여 농협에 떡을 납품하는 회사에 대한 분석.

- 정남농협에서 유통되고 있는 제품의 종류, 유통기한, 단량 및 가격 등의 현황을 파악.

● 연구개발 목적

- 역매칭기관인 정남농협에 유통되고 있는 떡볶이떡 및 떡국떡의 현황을 파악하고자 함.

● 연구개발 수행내용

- 역매칭 농협 IPET 연구기관으로 구성된 과제 협의회에서 본 역매칭 과제로 정남농협의 떡에 집중하여 현황을 파악하기로 결정함.

- 이에 따라 과제 협의회에서 정남농협이 주로 생산하는 떡볶이 떡의 현황 파악을 실시함.

● 연구결과

- 정남농협에서 국내에 판매하고 있는 제품은 500g 단량으로 가격은 2,900원임.

- 정남농협에서 현재 수출용으로 생산하는 떡은 냉장 상태에서의 유통기한이 120일(약 4개월)이며, 주로 유럽으로 유통하고 있으며 800g 단량의 식재료로 납품하고 있음.

- 떡볶이 떡 제품은 쌀을 이용하여 생산하고 있으며 전처리 및 후 살균 과정 없이 생산이 되고 있음.

- 현재 미분 이용 시 방냉 노화 단계에서 미생물 안정성 문제가 발생하며 건조 및 노화 단계에서 부패가 되는 문제점을 가지고 있음.

- 동남아시아(베트남) 시장에는 냉장 시장이 없기 때문에 제품을 수출하지 못하고 있으며, 냉장 유통에 대한 한계를 극복하는 상온유통 제품의 개발이 필요한 실정임.

나. 기존 상온 압출 떡류(떡볶이, 떡국용) 가공기술 연구

◆ 선행 가공기술별 특성 검토

● 배경

- 현재 주로 사용되고 있는 압출 떡의 미생물적 안전성 확보는 1) 건조를 통한 수분함량 조절 방법, 2) 쌀을 분쇄하여 사용하는 방법 대신 미분을 사용하는 방법, 3) 주정처리를 이용하는 방법, 4) 탈산소제를 용기 내에 포함하는 방법 등이 이용되고 있음.

- 위와 같은 기존의 방법을 사용할 경우 상온유통 중 미생물적 안전성에 기여하는 정도를 분석하고자 함.

● 연구개발 목적

- 기존 압출 떡의 유통기한 연장을 위한 미생물적 안전성 확보 방법의 확인 및 분석이 필요함.

● 연구개발 수행내용

(1) 현재 압출 떡의 상온유통기한 연장에 사용되는 가공기술을 선별

- 일반적인 떡볶이 떡 제조공정은 '세척 및 침지 → 분쇄 및 혼합 → 증숙 → 제병 → 절단 → 냉각 → 건조 → 포장'의 단계를 거침.

(2) 선별된 주요 유통기한 연장기술의 실제 미생물적 안정성에 대한 기여도 분석

- 현재 압출 떡의 상온유통기한 연장에 사용되는 가공기술을 선별하여 유통기한 연장기술에 가장 큰 영향을 미치는 실제 미생물적 안전성에 대한 기여도를 분석하였음.

(3) 미생물 제어기술은 떡볶이 떡의 제조공정의 흐름에 따라 1) 원료선별, 2) 증숙/성형 후 건조, 3) 포장 전 주정처리, 4) 포장 용기 내의 탈산소제 첨가로 구분하여 분석함.

1) 원료 선별

- 떡볶이 떡 원료로 사용되는 쌀과 미분의 미생물적 오염도를 확인하였음.

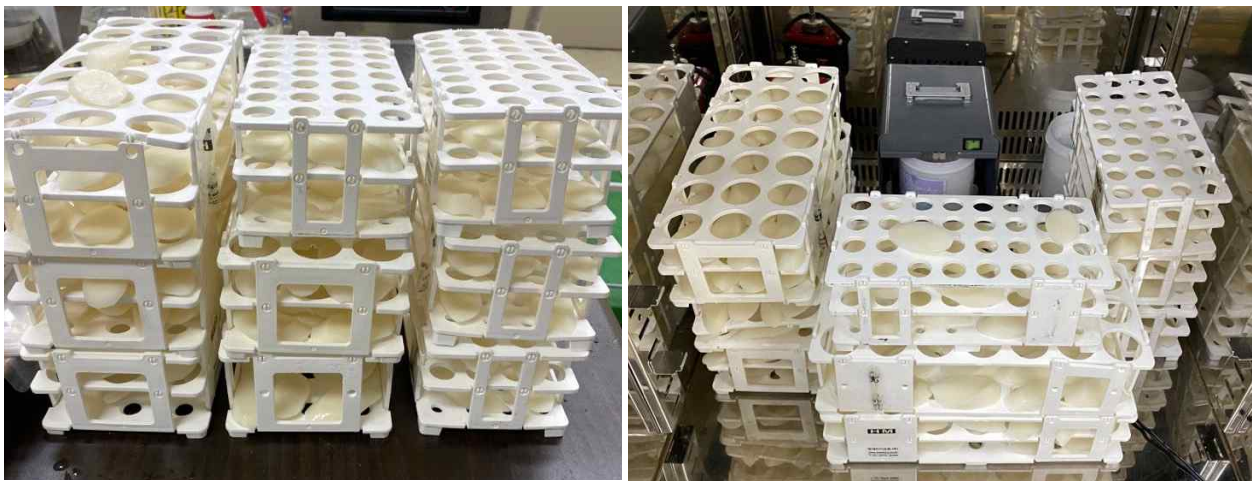
- 쌀을 이용한 떡볶이 떡의 원료로서 원물인 쌀부터 떡볶이 떡으로 압출되기 직전까지의 단위공정별 원료로서 쌀, 침지 되어 분쇄된 쌀, 분쇄한 쌀을 증자한 쌀의 미생물 실험(일반세균)을 진행하였음.

- 미분을 이용한 떡볶이 떡은 원료로서 미분의 미생물 실험(일반세균)을 진행하였음.

2) 증숙/성형 후 건조

- 떡볶이 떡의 건조는 미생물적 안전성 확보를 위하여 수행되기 때문에 건조 온도 및 건조시간에 따른 떡볶이 떡의 품질 변화를 확인하였음.

- 떡볶이 떡을 4℃, 25℃의 인큐베이터에서 12시간, 24시간 건조 시키면서 미생물이 성장할 수 있는 환경에 영향을 미치는 떡볶이 떡의 수분함량과 수분활성도를 확인하였음.



<Figure 1. 건조 실험을 위한 떡 샘플 준비>

3) 포장 전 주정처리

- 떡볶이 떡을 포장 전 주정처리를 하였을 때 미생물의 감소 정도를 확인하였으며 이를 산침지 하였을 경우와 비교 하였음.

- 유기산 기반의 산미료 Power Dip(P.D., Power dip, JP trading Inc., Seoul, Korea) 용액은 효과가 검증된 산미료 용액이며, 성분은 젖산 39.6%, 구연산 5.0%, L-젖산나트륨 7.0%, 글루코노델타락톤 5.0%, 솔비톨액 4.5%, 정제수 38.9%로 이루어져 있음.

- 주정처리는 떡볶이 떡을 발효 주정에 5초 이내로 침지하였으며, 산침지는 10%로 희석한 P.D. 산미료 용액에 2분 침지 하였을 때의 미생물 감균 정도(일반세균)를 비교하였음. (추후 표준화된 시료를 제작하기 위하여 파일럿 규모의 압출 떡 제조시설을 개발하여 연구에 사용함.)

4) 포장 용기 내 탈산소제 첨가

- 탈산소제를 식품과 함께 포장하면 호기성 미생물의 성장을 억제하여 유통기한을 연장하는 효과를 나타낼 수 있으나 탈산소제의 효과가 초기 균이 존재할 경우 성장을 멈추는 역할을 하는 것인지 확인된 바가 없어 탈산소제의 첨가 유무에 따라 떡볶이 떡 샘플을 저장하면서 탈산소제의 효과를 확인하는 것이 필요함.

- 떡볶이 떡의 pH를 pH 6과 pH 4로 조절하여 초기 미생물이 없는 경우, 초기 미생물이 1~2 log CFU/g, 3~5 log CFU/g 이상인 실험군에 탈산소제 첨가 유무에 따라 비교하였음.

<Table 2. 탈산소제 효과 확인을 위하여 살균한 떡볶이 떡 실험군>

실험군	pH 6	pH 4
1	3~5	3~5
2	1~2	1~2
3	N.D.(Not detected)	N.D.(Not detected)

(단위: log CFU/g)

- 떡볶이 떡의 샘플 제조는 다음과 같이 진행하였음.

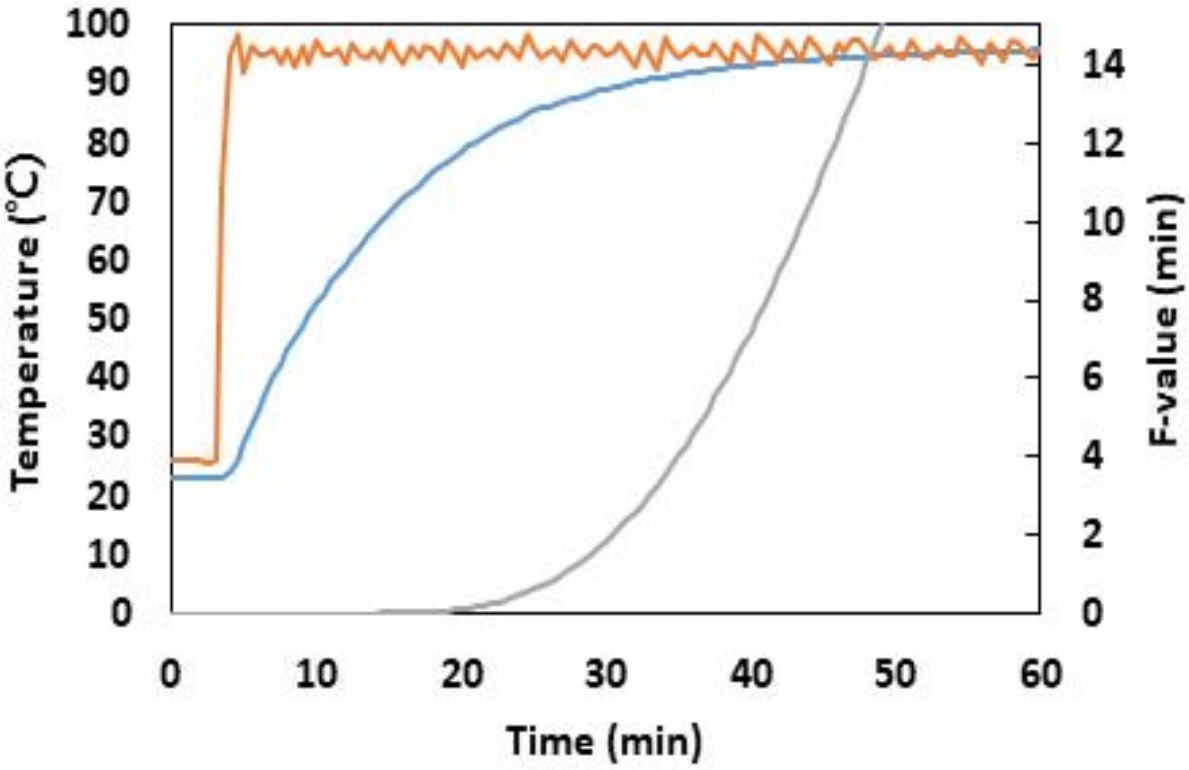
(1) pH 6인 방앗간 떡과 방앗간 떡을 P.D. 산미료를 10%로 희석한 용액에 1분 50초간 침지 하여 pH 4로 조절한 떡볶이 떡을 사용하였음.

(2) pH 6과 pH 4인 떡볶이 떡을 150g씩 탈산소제 유무에 따라 함기 포장하였음.

(3) 포장된 떡볶이 떡은 춘천시에 있는 '강원도 농업 기술원'에서 살균하였음.

(4) 초기 균이 1~2 log CFU/g, 3~5 log CFU/g 이상인 실험군은 방앗간 떡을 60분간 살균하여 초기 균이 없는 조건에서 *Bacillus cereus* (*B. cereus*)균을 접종하여 사용하였음.

(5) 초기 균이 없는 떡볶이 떡은 F_{95} = 6분, F_{95} = 12분으로 제조하였음.



<Figure 2. 강원도 농업 기술의 레토르트 살균기의 F-value 도출>

● 연구결과

(1) 원료의 미생물 조절

<Table 3. 원료에 따른 떡볶이 떡의 미생물적 오염 정도>

원료	미생물 양	원료	미생물 양
쌀	4.54	미분	N.D.(Not detected)
침지 후 분쇄된 쌀	5.47이상		
분쇄 후 증자된 쌀	2.78		

(단위: log CFU/g)

- 쌀 원물의 초기 미생물은 4.54 log CFU/g으로 검출이 되는 반면 미분 원물의 초기 미생물은 검출되지 않았음.

- 쌀을 원물로 이용하는 경우 원물의 높은 미생물 수로 인하여 증숙 후에도 초기 균이 존재하여 완제품의 미생물 오염 정도가 미분을 이용한 완제품보다 높음.

- 따라서 초기 균이 없는 미분을 이용할 시 기존 쌀 원물을 이용하는 것보다 초기 균을 제어할 수 있는 확률이 높음.

(2) 성형 후 건조를 통한 수분함량 조절 방법

- 미생물적 안전성을 고려하기 위해 최대 수분함량을 갖는 떡을 제조하여 건조 시간 및 온도에 따른 수분함량과 수분활성도를 확인하였음.

- 그 결과, 건조 전 떡의 수분함량은 48.49%, 초기 수분활성도는 0.901이었음.

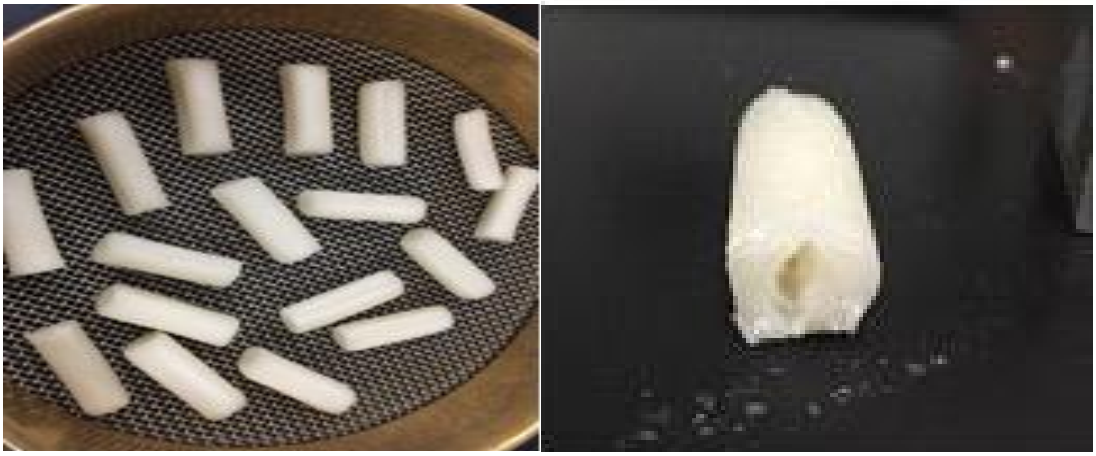
- 4℃와 25℃에서 각각 12, 24시간 건조 후 떡의 수분함량 및 수분활성도는 아래의 Table 4.와 같이 변화함.

<Table 4. 건조시간 및 건조 온도에 따른 떡볶이 떡의 수분함량 (%) 및 수분활성도>

온도 (℃)	시간 (hr)	수분함량 (%)	수분활성도
4	12	41.91 ± 0.78	0.889±0.001
	24	36.99 ± 1.65	0.873±0.002
25	12	36.18 ±1.86	0.869±0.002
	24	30.82 ± 1.00	0.861±0.001

- 건조 후 수분함량은 12시간 건조 후 4℃와 25℃에서 각각 약 12%와 6%가 감소하였음.

- 수분활성도는 크게 변화하였으나, 모두 균의 성장을 억제할 수 없는 범위임을 확인하였음.



<Figure 3. 24hr 건조 후 떡의 형상 변화>

- 상온에서 24시간 건조 후에는 Fig 3.과 같이 떡의 수분함량이 감소하고, 떡의 품질에 영향을 미침.

- 일반적으로 세균의 생장가능한 수분활성도의 한계는 0.9이지만, 0.9 이하의 수분활성도에서도 곰팡이, 효모 등의 미생물들은 생장이 가능함.

- 곰팡이나 효모와 같은 일부 미생물들을 모두 비활성화 시키기 위해서는 적어도 0.60 이하의 수분활성도를 나타내야 함.

- 실험결과, 12시간 및 24시간 동안 건조할 경우의 수분활성도가 모두 0.60 이하에는 미치지 못함.

- 따라서, 위와같은 건조 방법만으로는 세균의 성장을 억제시키는 것이 어렵다는 것을 알 수 있음.

- 건조 시 떡을 주정 처리한 경우와 산처리를 한 경우 포장 떡의 유통기한에 영향을 미치는가를 확인하였음.

- 주정처리 및 산처리를 한 떡을 12시간 동안 25℃ 및 4℃에서 저장하고, 이를 포장하여 상온에서 보관.

<Figure 4. 주정처리를 한 떡의 12시간 건조 및 상온에서 7일 보관 후 부패된 샘플>

<Figure 5. 산처리를 한 떡의 12시간 건조 및 상온에서 14일 보관 후 부패된 샘플>

- 상온 보관 결과, 주정 및 산처리에도 불구하고 떡이 부패되는 현상을 확인하였음.

- 현재 일부 떡볶이 생산업체에서는 떡을 생산한 후 건조를 통하여 떡의 수분활성도를 감소시켜 미생물 안전성을 확보하는 방법을 사용하고 있음. 그러나 건조 시 공기 중의 미생물(공중 낙하균 등)에 의하여 떡 표면으로의 2차 오염이 발생하여 초기보다 더 높은 균수를 나타낼 수 있음.

- *Bacillus cereus*의 최소한계 수분활성도는 0.95이며, 곰팡이의 경우 0.77 이상이 최저 생육 수분활성도임. 곰팡이의 경우 균이 자랄 수 있는 최소 수분활성도가 매우 낮아 이를 만족하는 조건까지 떡을 건조하면 품질에 영향을 미칠 수 있음.

- 따라서 일반적인 상온에서의 건조나 4℃ 방냉시의 건조 처리만으로는 떡의 미생물 안전성을 만족시키는 데에 충분하지 않아 새로운 품질 연장 방법이 필요함을 확인하였음.

(3) 주정처리를 통한 비살균 미생물 제어

- Control인 방앗간 떡의 초기 미생물과 주정 전처리 후 떡볶이 떡의 미생물 오염 정도는 Table 4. 와 같음.

<Table 5. 주정 전처리 전후 떡볶이 떡의 미생물 오염 정도 확인>

	주정 전처리 전	주정 전처리 후	산침지 후
log CFU/g	6.16 ± 0.17	5.91 ± 0.37	2.84 ± 0.34

- 주정 전처리 시 대조군 대비 0.36 log CFU/g의 미생물 저하 효과를 확인하였음.

- 주정 처리에 의한 감균 효과는 본 연구에서 개발 중인 산침지에 의한 감균효과인 3.32 log CFU/g보다 적었음.

- 주정의 사용은 초기 미생물 감균 효과가 적을 뿐만 아니라 주정 침지 후 포장 시 부패취와 유사한 강한 이취를 나타냄. 이에 반해 산미료 사용은 주정에 비하여 이취를 적게 나타내며 주정 침지보다 더 높은 감균 효과를 나타내었음.

(4) 포장용기 내 탈산소제 첨가

- 미생물 제어기술 중 탈산소제 첨가에 따른 미생물 저하 효과를 확인하고자 탈산소제 첨가 샘플과 탈산소제+주정분무 샘플을 제조하여 상온에서 7일간 보관하였음.

- 그 결과, Table 6. 와 같이 탈산소제 첨가만으로는 미생물 제어가 어려운 것을 확인할 수 있었음. 주정분무 처리를 함께 진행한 경우 탈산소제 첨가 샘플보다는 미생물 감균효과가 높았지만, 여전히 미생물 제어가 어려운 것으로 볼 수 있음.

- 기존 공정에 사용되는 탈산소제 첨가만으로는 상온 유통기한 연장이 불가능하여 본 연구에서는 살균도를 조절하여 탈산소제의 유통기한 연장 효과를 검증함.

- 강원도 농업 기술원의 레토르트를 이용하여 F_{95} = 6, F_{95} = 12인 조건에서 탈산소제의 유통기한 연장효과를 실험함. 살균도의 변화와 함께 떡의 pH 조절이 미치는 영향도 함께 검증함. (154p 참고)

<Figure 6. 탈산소제 첨가 및 탈산소제+주정분무 떡 샘플>

<Table 6. 탈산소제 첨가 유무에 따른 미생물 감균>

	탈산소제	탈산소제+주정분무
log CFU/g	6.21±0.22	5.34±0.41

◆ 유통기한 연장을 위한 선행 가공기술 중 개선 사항 발굴

● 배경

- 기존 공정의 미생물적 안전성 확보 방법인 건조, 주정처리, 탈산소제 필요 유무를 다음과 같이 검증.

- 압출 떡에서 많이 발생하는 진균류는 수분 활성도가 0.6인 곳에서도 생존할 수 있기 때문에 기존 공정의 미생물적 안전성 확보 방법으로써 수분함량을 낮추는 것으로는 한계가 있음.

<Table 7. 미생물 생장에 필요한 최소 수분활성도>

Microorganism 그룹	최소 수분활성도
대부분의 그람음성균	0.97
대부분의 그람양성균	0.90
대부분의 yeast	0.88
대부분의 filamentous fungi	0.80
Halophilic bacteria	0.75
Xerophilic fungi	0.61
Osmophilic yeasts	0.60

출처: 한국미생물학회

- 압출 떡을 건조하는 단계에서 완벽한 무균 상태를 유지할 수 없으며, 공기 중 미생물에 의한 오염이 발생할 수 있음.

- 미생물적 안전성을 확보하기 위해서는 pH 조절 및 가열살균 방법이 공정에 도입 필요.

- 가열살균만을 사용하는 경우 장시간 가열에 따른 품질의 저하 및 경제적 부담이 발생하기 때문에 산미료를 첨가 및 침지하는 것으로 pH를 감소시키는 방법을 병행할 필요가 있음.

● 연구개발 목적

- 기존 압출 떡의 공정별 미생물적 안전성 확보 방법의 문제점 분석 및 안전성 확보 방법의 필요 유무를 검증하기 위함.

● 연구개발 수행내용 (선행연구 결과 포함)

(1) 원료의 초기 미생물 조절

- 앞서 수행한 선행 가공기술별 특성 검토 연구를 통하여 기존의 쌀을 원료로 사용하여 제조하는 떡볶이 떡 공정은 원료인 쌀의 초기 미생물 오염 정도가 미분을 원료로 사용하여 제조한 떡볶이 떡의 미생물 오염 정도보다 높은 것을 확인하였음.

(2) 산침지를 통한 초기 미생물 제어 및 성장억제 효과 도출

- 떡볶이 떡의 건조 공정은 미생물의 생육할 수 있는 수분함량과 수분활성도를 낮추는 역할을 하지만 공중낙하균에 의하여 2차 오염이 되는 것을 확인하였으며, 주정처리와 본 연구에서 연구 중인 산침지를 비교 시 산침지의 경우가 감균 효과가 높은 것을 확인하였음.

- 떡볶이 떡의 산침지 조건을 확인하기 위하여 강원대학교에서 떡볶이 떡을 제조하여 산미료 용액의 농도 및 시간에 따른 산침지 실험을 진행하였으며 방법은 하기에 기술한 선행연구 결과를 바탕으로 설정하였음.

- 강원대학교 식품공정공학 연구실과 ㈜신양식품은 선행연구를 통하여 산침지-살균 복합공정의 기본 공정조건을 설정하였음. 이에 해당하는 선행연구 결과는 본 연구의 1) 떡볶이 떡의 제조공정, 2)떡볶이 떡의 산침지 시의 pH 측정 및 수소이온 농도계산, 3) 떡의 산가측정, 4) 확산 시의 수학적 모델, 5) 떡의 품질특성 측정: 수분함량, 조직감, 색도측정에 해당하는 부분임.

- 본 연구는 선행연구에서 얻어진 내용을 기반으로 유통기한을 12개월 이상으로 연장하기 위한 추가적이고 확장된 실험을 진행하였음.

(3) 강원대학교와 공동연구진이 연구과제 수행을 위한 예비 실험 및 사전 공정설계 결과

- 본 연구과제에서 목표로 하는 유통기한 연장을 위한 최적공정설계를 위하여 산침지 - 살균 복합공정의 초기 조건을 설정하는 연구를 수행하였음.

- 최적 공정설계는 아래에 기술한 예비실험 결과를 바탕으로 연구되었음.

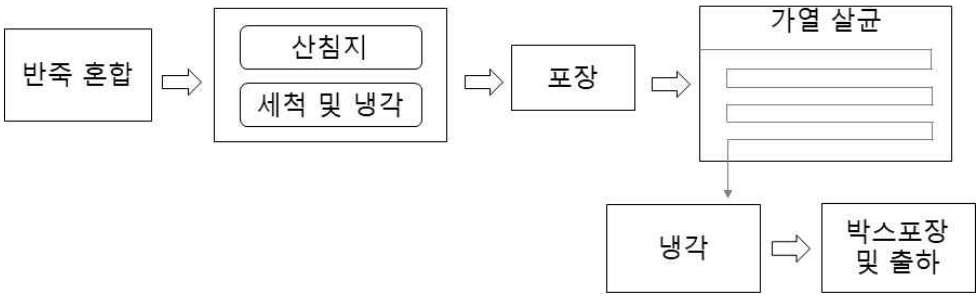
- 예비실험으로 1) 떡볶이 떡의 제조 공정, 2) 산침지를 위한 pH 측정 및 수소이온 농도계산, 3) 침지 효과를 확인하기 위한 산가측정, 4) 침지시간 결정을 위한 확산모델 도입, 5) 가열살균 공정조건 도출, 6) 떡볶이 떡의 수분함량, 조직감, 색도 측정을 진행하였음.

- 예비실험 결과를 바탕으로 본 연구과제에 필요한 실험실 규모의 실험, 파일럿규모의 실험, 현장공정조건의 실험을 수행하였음. (해당 연구 결과는 97쪽의 산침지-살균 복합공정 가공기술 연구(내/외부 살/멸균 기술 등) 내용 참조)

(가) 산 침지-살균 복합공정의 초기 조건 설정

① 떡볶이 떡의 제조

- B2C 스케일에서의 산미료 침지 조건을 확립하기 위하여 ㈜신양식품의 생산 라인 및 생산량을 결정할 수 있는 산침지 시간을 설정하고자 하였음. ㈜신양식품은 상온유통 떡 생산을 위한 생산공정을 다음 모식도와 같이 설계하였음.



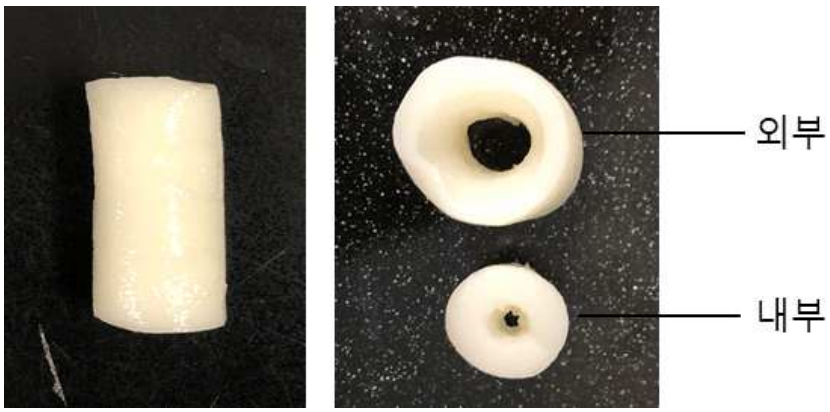
<Figure 7. ㈜신양식품의 유통기한 연장을 위한 공정 모식도>

- 상온유통 떡볶이 떡의 목표 생산량은 250kg/h 이상이며 이를 고려한 공정설계에서 떡볶이 떡은 4분 40초 간의 냉각 후 1분 50초 동안 산침지조를 통과하게 됨.

- 1분 50초 동안 산침지조에서 초기 품질을 만족하는 pH인 4.0~4.5에 도달하기 위한 산미료 농도를 확인하고자 lab-scale로 실험을 수행하였음.

② pH 측정 및 수소이온 농도계산

- 떡볶이 떡의 산 침지를 위하여 식품첨가물용 유기산 기반의 산미료 Power Dip(P.D.,JP trading Inc., Seoul, Korea) (젖산 39.6%, 구연산 5.0%, L-젖산나트륨 7.0%, 글루코노델타락톤 5.0%, 솔비톨액 4.5%, 정제수 38.9%) 용액에 pH가 4.0이 되도록 침지 한 후 표면의 산을 제거한 후, 10, 20, 30, 60, 120, 180, 300, 480, 1320 min 마다 떡을 두께 및 위치에 따라 분리하여 산가의 변화를 측정하였음. 외부 떡은 두께 비율이 0.25이었으며, 내부 떡의 비율은 0.85이었음.



<Figure 8. 산침지에 따른 산의 확산을 확인하기 위하여 절단한 떡의 모형>

- 떡볶이 떡 샘플을 침지 용액에 넣고 시간마다 꺼내어 침지 특성의 측정에 이용하였음.

- 떡의 pH 측정은 시간마다 떡볶이 떡을 산미료 용액에서 꺼낸 이후 표면의 산미료를 제거하여 떡 1개(약 10g)를 4배(약 40g)에 해당하는 증류수에 넣고 호모지나이저(Polytron PT 2100, Kinematica AG, Luzern, Switzerland)로 균질화한 후 pH 측정기 (Starter 3000, Ohaus Corp., Florham Park, NJ, USA)로 측정하였음.

- 수소이온량의 역수에 상용로그를 취한 값인 pH를 이용하여 용액 1L 속에 존재하는 수소이온의 몰 수를 의미하는 수소이온 농도를 계산하였음. 수소이온이 증가할수록 산성인 낮은 pH 값을 나타내며 다음과 같이 계산하였음.

$$[H+] = 10^{-pH}$$

  - [H+]는 수소이온농도(mol/mm^3)를 나타냄

③ 떡의 산가(Acidity)측정

- 떡의 산가 측정은 시간마다 떡볶이 떡을 산침지액에서 꺼낸 이후 표면의 산침지액을 제거하여 떡 1개(약 10g)를 9배(약 90g)에 해당하는 증류수에 넣고 호모지나이저(PolytronPT 2100, KinematicaAG, Luzern, Switzerland)로 균질화한 후 0.1N-Potassium Hydroxide solution과 1%-Phenolphthalein solution을 사용하여 산가를 측정하였음.

$$Acidity\,(mg/g) = \frac{5.611 \times (a-b) \times f}{S}$$

- S는 검체의 채취량(g), a는 검체에 대한 0.1N 에탄올성 수산화칼륨용액의 소비량(ml), b는 공시험(에탄올, 에테르 혼액(1:2) 100ml)에 대한 0.1N 에탄올성 수산화칼륨용액의 소비량(ml), f는 0.1N 에탄올성 수산화칼륨용액의 역가임.

④ 확산 시의 수학적 모델

- 떡의 침지 시간에 따른 수소이온농도 결과값을 Singh-Kulshrestha 모델을 이용하여 모델링하였으며 식은 다음과 같음.

$$\frac{M-M_0}{A-M_0} = \frac{Bt}{Bt+1}$$

- 여기서 M은 수소이온농도(mol/mm^3), M_0는 초기 수소이온농도(mol/mm^3), t는 시간(s), A와 B는 상수임. 위의 식을 Matlab R2016a (Mathworks, Natick, MA, USA) 소프트웨어를 이용하여 데이터에 모델링하였음.

⑤ 떡볶이 떡의 수분함량 측정

- 떡볶이 떡의 수분함량은 AOAC 방법(AOAC, 1995, Official Methods of Analysis of AOAC International.16th ed. Association of Official Analytical Chemists)에 따른 상압가열건조법으로 샘플 10g을 105℃에서 24 hr 동안 가열하여 측정하였음.

⑥ 떡볶이 떡의 조직감 측정

- 떡볶이 떡의 조직감 측정은 조직감측정기(TA-CT3, Brookfield Engineering Laboratories Inc., Middleboro, MA, USA)를 사용하여 texture profile analysis (TPA)로 경도(hardeness)를 측정하였음.

- 침지 전 떡볶이 떡 샘플은 제조 후 상온에서 1 hr 동안 방냉한 후 이용하였으며, 침지를 한 떡볶이 떡의 경우 방냉한 떡을 산미료에 투입하여 목표하는 pH에 도달시킨 후 샘플 표면의 산미료를 제거하여 이용하였음.

- 떡볶이 떡 샘플을 직경 15mm, 높이 10mm가 되도록 떡 옆면의 수직 방향으로 절단하여 이용하였음. 측정 조건은 probe TA11/1000; test type, TPA; target type, % deformation; target value, 60%; trigger load, 5g; test speed, 0.50 mm/sec을 이용하였으며, 12회 반복 측정하였음.

⑦ 떡볶이 떡의 색도 측정

- 떡볶이 떡의 색도는 색차계(CR-310, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 표준 백색판으로 보정한 후 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 값을 측정하였으며, 각 실험군 당 3개의 시료를 3회 반복 측정하여 평균값을 이용하였음.

- 또한, 떡볶이 떡의 명도, 정색도, 황색도 값을 이용하여 백색도(whiteness)를 다음과 같이 계산하였음.

$$whiteness = L - 3b$$

(4) 가열살균을 통한 상업적 멸균과정 도출

- 선행연구 결과를 바탕으로 산침지-살균 복합공정의 실험조건을 설정하여 유통기한 12개월 이상이 가능한 공정을 도출하는 실험을 진행하였음.
- 본 연구에서는 원료를 미분으로 사용하여 산침지를 통한 초기 미생물 제어 및 성장억제, 가열살균을 통한 상업적인 멸균과정을 도출하는 공정을 개발하였음.

● 연구결과

산침지-살균 복합공정을 통한 떡볶이 떡의 유통기한 연장을 위한 실험

(1) 산침지 모델 도출

- 복합공정 설정을 위한 기본 공정은 1)산미료농도와 침지시간에 따른 떡볶이 떡의 pH 및 수소이온농도 변화, 2)pH에 따른 떡볶이 떡의 품질 특성 검증에 대한 연구결과를 바탕으로 설정됨.

- ㈜신양식품에서 제조한 떡과 동일한 수분함량(43~45%)을 나타내는 떡을 제조하여 다양한 농도(6~12%)의 산미료에서 시간별로 침지를 한 후 침지와 확산 특성 및 품질 특성의 변화를 확인하였음.

- 제조한 떡의 물성은 ㈜신양식품의 생산공정을 통하여 제조한 떡과 동일함을 선행 연구로 수행한 바 있음.

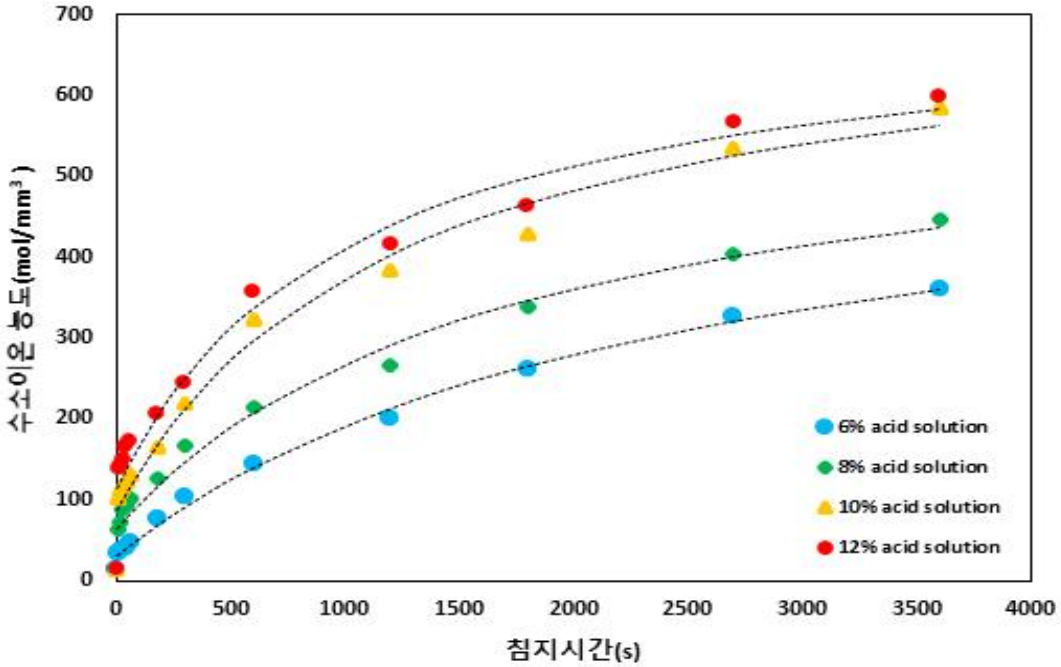
- 침지 시 산 침지액의 산미료 농도가 증가함에 따라 pH의 감소 속도 및 수소이온농도의 증가 속도가 증가하였으나, 산미료의 농도가 10%에서 12%로 증가 시에는 큰 차이가 나타나지 않았음.

- 수소이온농도의 측정 결과를 통하여 데이터를 예측하기 위해 확산모델로 Singh-Kulshrestha 모델을 사용하여 fitting을 한 결과, R^2값이 0.96에서 0.99임을 확인하였으며, 이는 확산모델이 떡의 외부로부터 떡으로의 산미료 확산과정을 잘 나타냄을 의미함.

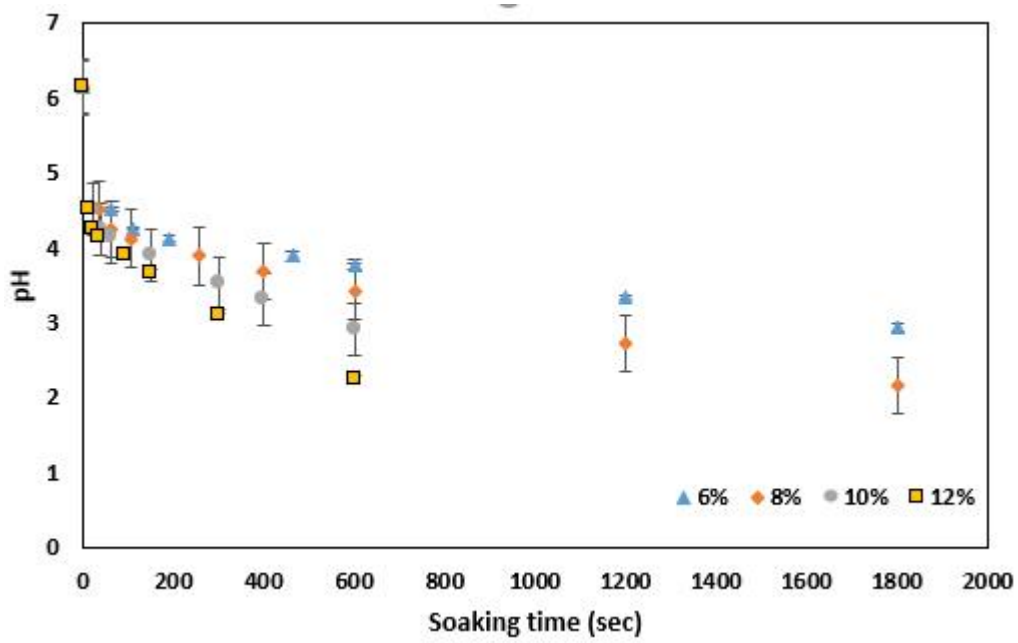
- 수소이온 농도의 모델과 함께 이항지수함수 모델을 사용하여 침지시간에 따른 pH 변화를 산미료의 각 농도별로 도출하였음. (fitting을 한 결과, R^2값이 0.96에서 0.99임을 확인하였음)

- 데이터와 변수 값을 통하여 목표로 하는 떡의 pH에 도달하기 위한 산침지 시간을 계산하였음.

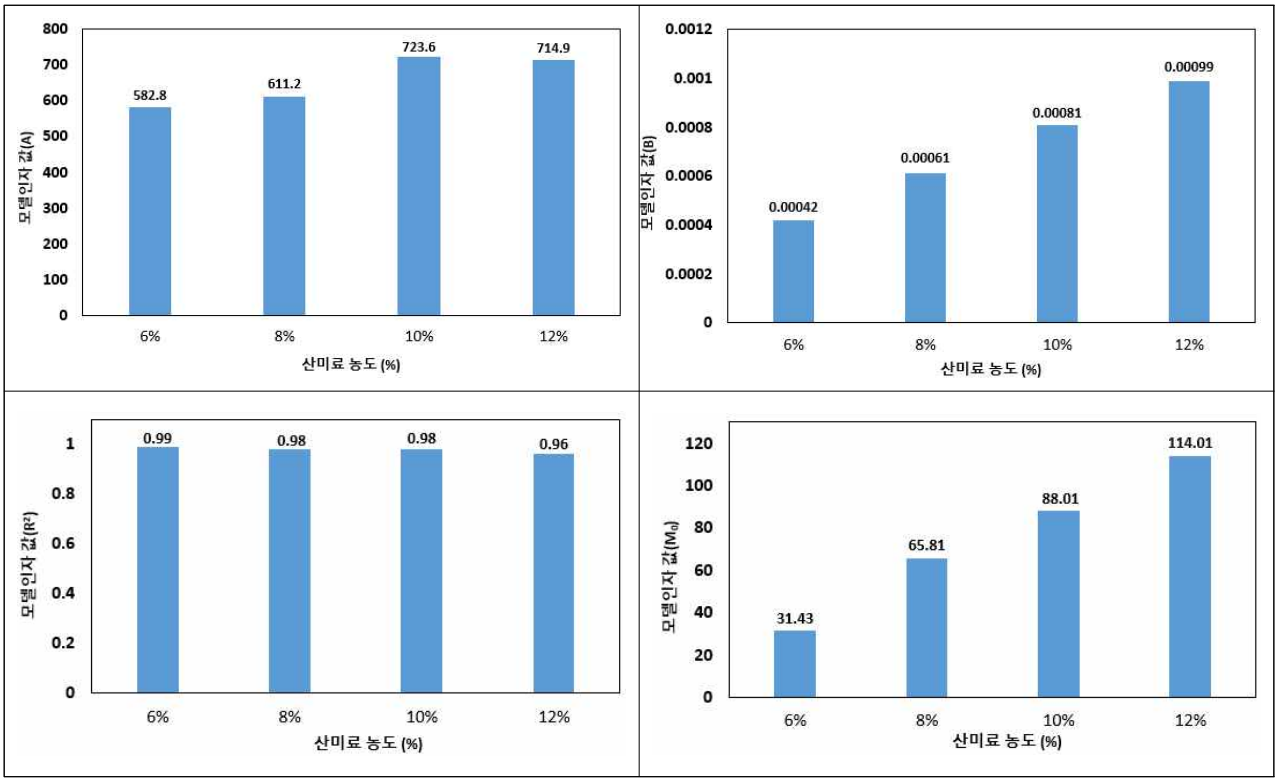
- Figure9. 의 실선은 모델을 통하여 예측된 값으로 그려진 곡선이며, 이는 예측모델로 떡 내부의 수소이온 농도를 유추가 가능함을 의미함.



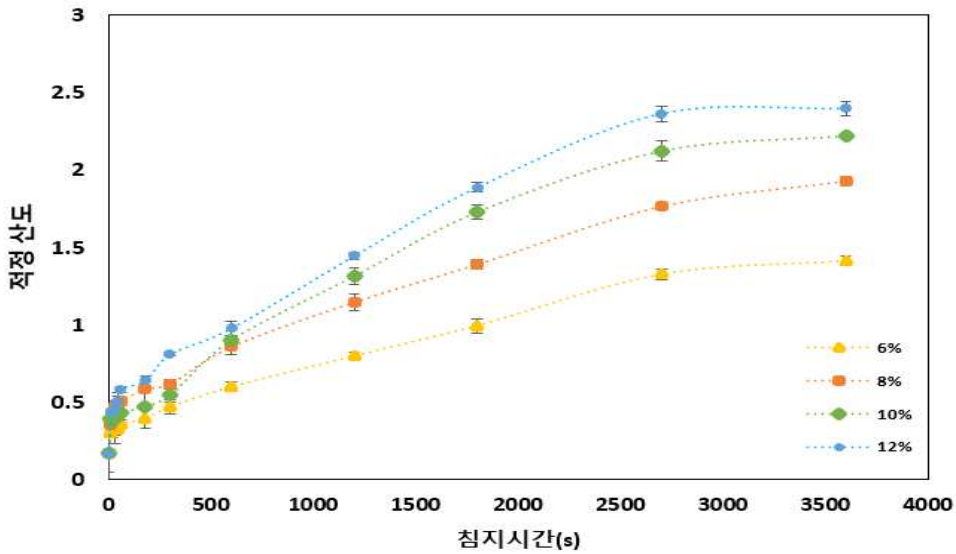
<Figure 9. 확산 모델을 이용하여 산미료 농도에 따른 떡의 수소이온 농도 변화>



<Figure 10. 산침지 농도에 따른 떡의 pH 변화>



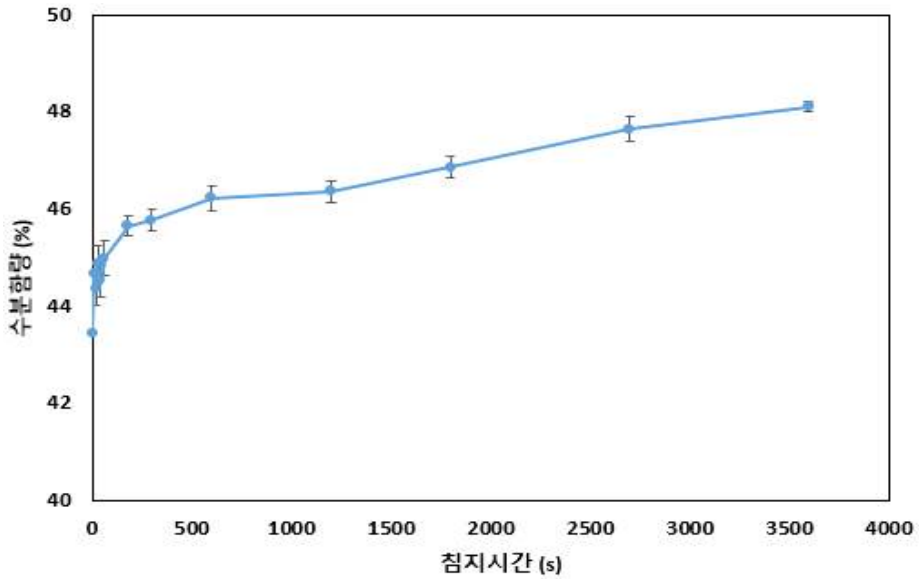
<Figure 11. 산미료 농도에 따라 침지된 떡볶이 떡의 수소이온농도 변화에 대한 확산 모델 인자>



<Figure 12. 산침지 농도에 따른 떡의 적정 산도 변화>

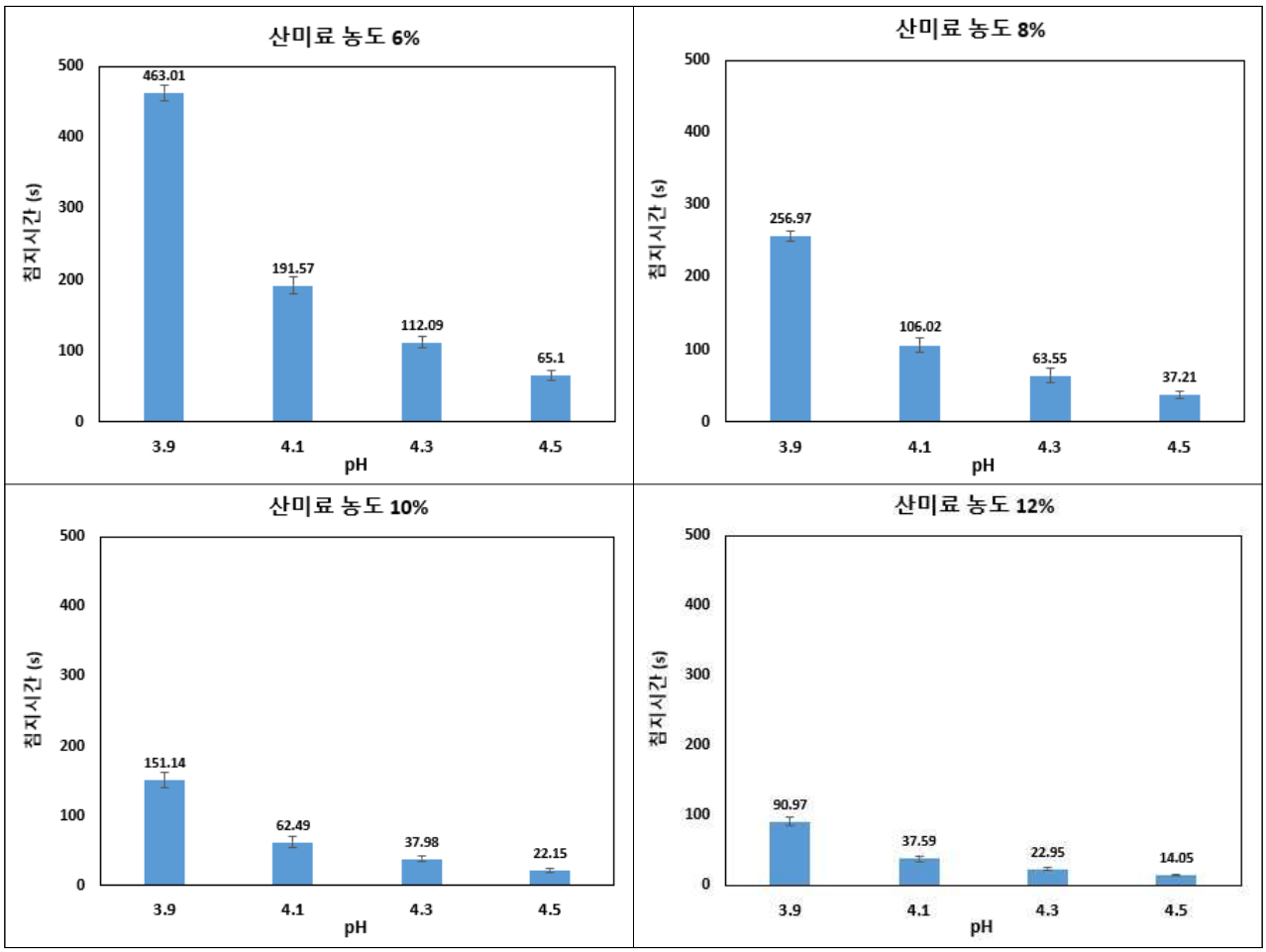
- 또한, 떡볶이의 두께 및 위치에 따라 확산되는 산의 양을 확인하기 위하여 산가를 측정한 결과, 2,700s(45min) 까지 선형적인 경향으로 확산이 일어남을 알 수 있었음.

- 산가 결과도 pH 및 수소이온농도 결과와 유사하게 산미료 농도가 10%에서 12%가 될 때에는 증가 정도가 다른 농도에 비하여 적음을 확인할 수 있었음.



<Figure 13. 침지 시간에 따른 떡의 수분함량 변화>

- 위의 결과들을 통하여 수분함량은 시간에 의존적이므로 목표하는 pH에 도달하는 시간이 길어질수록 수분함량의 변화가 큰 것을 확인할 수 있었음.

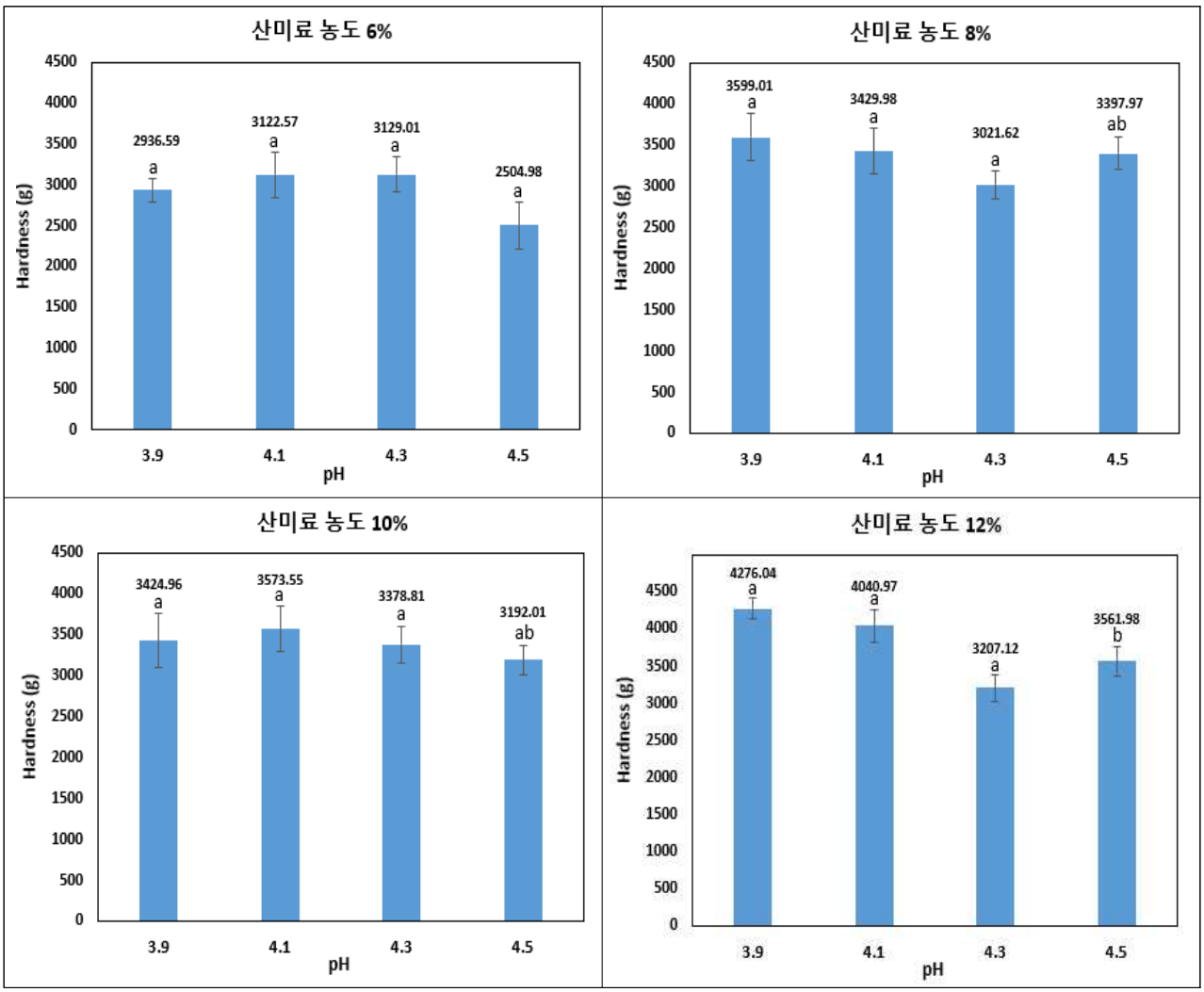


<Figure 14. 목표로 하는 떡볶이 떡의 pH 조절을 위한 산미료 용액과 침지 시간 확인>

- 산미료 용액에 침지 시간에 따른 수분함량 변화에 대한 영향을 확인하기 위하여 떡볶이 떡을 각각의 산미료 농도에서 pH가 3.9, 4.1, 4.3, 4.5에 도달하도록 침지하였을 때 소요되는 시간을 확산모델을 통하여 도출하였음.

- 이를 통하여 산미료의 농도가 낮을수록 목표하는 pH에 도달하기 위한 시간이 오래 소요됨을 확인하였으며, 가장 낮은 농도인 6%와 가장 높은 농도인 12% 사이에 산침지 시간이 최대 7.21배의 차이가 나타났음.

- 6%의 산미료에서 pH 3.9에 도달하기 위한 시간인 463.01s는 수분 함량을 초기 대비 2.16% 증가시키는 조건으로, 이전의 배합비 연구를 통하여 떡볶이 떡은 소량의 수분 변화에도 조직감에 큰 변화를 나타냄을 확인하여 물성을 크게 변화시킬 수 있음을 확인하였음.



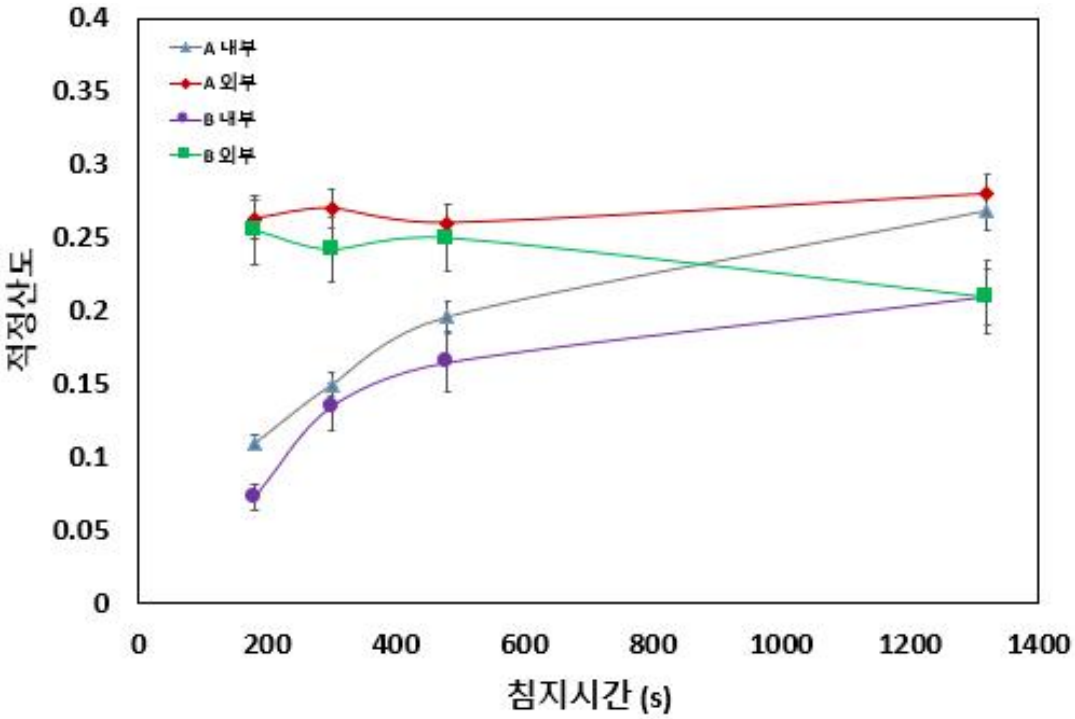
<Figure 15. 목표로 하는 떡볶이 떡의 pH 조절을 위한 산미료 용액과 떡볶이 떡의 조직감 변화>

- 산미료의 농도에 따른 침지 결과, 6% 산미료에서는 pH의 변화에 따라 수분의 변화에 의하여 pH 3.9에서 조직감이 크게 변화하였으며, 12% 산미료에서는 높은 농도의 산에 의하여 떡볶이 떡의 구조가 변화하여 pH 3.9일 때 짧은 침지 시간에도 경도의 높은 감소를 나타내었음.

- 10% 산미료의 경우 침지 시간에 따른 조직감의 변화가 매우 적었으며, 2min 이내(111.79s)의 짧은 시간 내에 pH 3.9에 도달하는 것이 가능하였음.

- 이를 통하여 pH 4.1에 도달하기 위해서는 8% 및 10% 산미료가, pH 4.1 미만에 도달하기 위해서는 10% 산미료를 이용할 수 있음을 확인하였음.

- 이는 ㈜신양식품의 산침지 조건인 110sec의 조건을 만족하는 조건으로, 최종적으로 공정에 이용 가능한 산미료 침지 조건을 확립하였음.



<Figure 16. 떡볶이 떡의 표면에서부터 중심으로의 적정 산의 확산>

- 침지에 사용된 떡은 Figure 8. 의 외부 내부 분리 떡을 이용하였음.

- 떡볶이 떡의 산침지 후 떡의 내부 확산 변화를 확인하고자, 10% 산미료에 떡볶이 떡을 침지하여 pH가 3.9에 도달하였을 때를 기준으로 떡볶이 떡의 내부 확산을 확인하였음.

- 떡볶이 떡의 내부 확산 측정을 통하여 산침지로 인하여 산미료 수용액의 산이 떡볶이의 표면으로 확산된 후, 떡 표면에서부터 떡 중심까지 산이 확산되는 데에 소요되는 시간을 확인할 수 있었음.

- 산 침지 직후 표면에서의 pH는 떡의 평균 pH보다 낮고, 떡 중심의 pH는 평균 pH보다 높기 때문에 충분한 확산이 일어나지 않으면 떡 표면에서 산미가 느껴져 관능적으로 부정적인 영향을 미칠 수 있음.

- 떡의 표면으로부터 중심까지의 확산은 표면적이 더 넓은 A 부분에서 B에 비하여 확산 속도가 빠르고 더 높은 산가를 나타내었으며, 떡 중심에서는 산가가 서서히 증가하다가 1,320min (22h) 부터는 표면과 중심 산가의 유의적 차이가 나타나지 않음을 확인하였음.

- 위의 결과들로부터 현장 공정의 연속식 공정을 고려하여 lab-scale에서 산미료의 pH 농도 및 양에 따라 원하는 떡볶이 떡의 pH에 도달하는 산미료 투입조건 및 침지 조건을 설정하였음.

- 현장에서의 떡볶이 떡/세척 침지 공정을 기준으로 한 2min 이내의 산침지 공정 시간 동안의 산미료의 최적 pH 농도를 설정하여 현장에 적용하였음.

- 또한, 떡볶이의 표면으로부터 중심까지의 침지 후 내부 확산을 실온 조건에서 확인하여 배송 시 및 고객사의 보관 시스템에 도착하는 데 요구되는 최대 시간이 22hr 임을 확인하였음.

<결과 요약>

1) 떡볶이 떡의 제조 공정

- 떡볶이 떡의 제조공정은 '반죽혼합 → 산침지/세척 및 냉각 → 포장 → 가열살균 → 냉각 → 박스포장 및 출하'와 같은 과정을 거침.

2) 산침지를 위한 pH 측정 및 수소이온 농도계산

- 침지 시 산미료 농도가 증가함에 따라 pH의 감소 속도 및 수소이온 농도의 증가 속도가 증가하는 경향을 보였고, 산미료의 농도가 10%에서 12%로 증가 시에는 큰 차이가 나타나지 않았음.

3) 침지 효과를 확인하기 위한 산가측정

- 산가는 2,700s(45min) 까지 선형적으로 확산하는 경향을 보였고, pH 및 수소이온농도 결과와 유사하게 산미료 농도가 10%에서 12%가 될 때에는 증가 정도가 다른 농도에 비하여 적음을 확인할 수 있었음.

4) 침지시간 결정을 위한 확산모델 도입

- 수소이온농도의 측정 결과를 통하여 데이터를 예측하기 위해 확산모델로 Singh-Kulshrestha 모델을 사용하여 fitting을 한 결과, R^2값이 0.96에서 0.99임을 확인하였음.

5) 가열살균 공정조건 도출

6) 떡볶이 떡의 수분함량, 조직감, 색도 측정

① 수분함량

- 수분함량은 산 침지 시간에 대한 함수이므로 목표하는 pH에 도달하는 시간이 길어질수록 수분함량의 변화가 큰 것을 확인함.

② 조직감

- 6% 산미료에서는 pH 3.9에서 조직감이 크게 변화함.
- 12% 산미료에서는 pH 3.9일 때 짧은 침지 시간에도 경도의 높은 감소가 나타남.
- 10% 산미료의 경우 침지 시간에 따른 조직감의 변화가 매우 적었으며, 2min 이내(111.79s)의 짧은 시간 내에 pH 3.9에 도달하는 것이 가능하였음.

7) 현장적용 예시

- 10% 산미료에 1min 50s 이하의 침지로 pH 4.0이 도출되며, 외부와 내부가 균일한 pH에 도달하기 위해서는 22hr가 소요됨.

다. 상온 떡 유통기한 연장기술 연구

- 위의 예비실험을 기반으로 아래의 상온 떡 유통기한 연장기술 연구에 필요한 실험조건을 설정하였음.

- 상온 떡 유통기한 연장기술 연구는 본 연구과제의 핵심적인 내용으로, 선행연구결과를 바탕으로 아래와 같이 핵심기술을 선정하여 연구를 수행하였음.

● 원료 전처리 기술개발
● 최적 가공기술 연구(증숙, 성형, 절단 기술 등)
● 표면코팅 기술 연구
● 살균 가공기술 연구(내/외부 살/멸균 기술 등)
● 포장 가공기술 연구
● 건조기술 연구

◆ 원료 전처리 기술개발

● 배경

- 원료(쌀, 쌀가루)에 따른 전처리 기술 개발

- 쌀가루의 표준화, 쌀가루를 이용한 제조공정의 표준화 제시

- 쌀가루나 떡에 적합한 산미료 선별

- 각 산미료의 최적 pH 범위 측정

- 산미료와 떡의 배합비(수분함량 포함) 간의 상관관계 검증

- 산미료가 포함된 반죽의 혼합 물성 측정

- 산미료를 이용한 전처리에 의한 미생물 저감효과 검증

● 연구개발 목적

- 미분과 산미료 혼합공정을 통한 원료 전처리 기술인 산미료 혼합과 침지공정 기술의 개발

● 연구개발 수행내용

(1) 쌀가루의 표면적 증가로 인한 2차오염 방지를 위한 산배합 공정 개발

(2) 산배합 후 제조된 떡에 대한 공정 최적화

- 원료의 초기 미생물 수준은 쌀의 미생물 오염정도가 미분을 이용했을 경우 보다 높음.

- 이를 기반으로 떡볶이 떡의 실제 제조 공정상에서의 미생물 오염정도를 협동연구개발기관인 ㈜신양식품의 실제 공정을 기반으로 하여 측정 및 비교함.

- 미분을 이용한 떡볶이 떡 제조 공정에서 떡볶이 떡과 산 배합 시 산미료 용액을 농도별로 첨가하여 떡볶이 떡 제조를 통하여 생산한 떡볶이 떡의 품질인자를 확인하였음. 이는 제조된 떡에만 적용하는 기존의 산침지공정과 차별화되는 공정 개발임.

- 떡볶이 떡의 반죽단계에서 유기산 기반의 산미료 Power Dip (P.D., Power Dip, JP trading Inc., Seoul, Korea) 을 배합하였음.

- P.D. 농도를 0.25, 0.5, 1, 2, 3%로 첨가하여 반죽(혼합) 후 휴지, 증자, 압출 제병 및 냉각의 과정을 거쳐 생산하였음.

(가) 떡볶이 떡의 제조

- 멥쌀로 이루어진 떡용 건식 미분(Nongshim Flour Mills Co., Chungnam, Korea)을 구매하여 4℃에서 보관하면서 떡볶이 떡의 제조에 사용하였음.

- 떡볶이 떡(control)은 2kg 제조를 기준으로 미분을 1500g, 정제수 750g, 소금 7.5g을 넣어 제조하였음.

- 산배합 한 떡볶이 떡은 산미료를 미분을 기준으로 투입하였으며, 산미료를 투입한 질량만큼 정제수에서 제거하여 총 질량을 동일하게 하였음.(예. 1% 산배합 떡볶이 떡 제조 배합은 미분 1500g, P.D.15g, 정제수 735g, 소금 7.5g임)

- 본 연구에서 수분함량은 현장생산과 유사한 범위(미분 사용 시 43.5~45.5%, 수침 쌀 사용 시 45.5~48.5%)로 조절하여 사용하였으며, 산미료간의 확산효과의 차이와 떡의 굵기에 따른 확산효과를 검증하는 실험에서는 다공성효과로 시료들간의 영향을 명확하게 구분하고자 수분함량을 최대한 높인 56.5% 자체 제조하여 사용하였음. (자체 제조 장비의 개발 과정은 본 연구소에 수록되어 있음)

- 미분과 정제수, 소금을 혼합한 후 믹서(MQ9035X, De’ Longhi Romania SRL, Romania)를 이용하여 15분간 내용물을 혼합함.

- 혼합한 내용물을 100℃에서 40분간 증숙한 후 떡볶이 떡 압출기를 이용하여 직경 20mm인 실린더형 떡 모양으로 성형하여 30mm 길이로 절단하였음.

- 제조한 떡은 1hr 동안 상온에서 25℃에 도달할 때까지 방냉한 후 실험에 이용하였으며, 방냉 시간 동안 건조가 발생하지 않도록 폴리에틸렌 백 내에 보관하였음.

<Figure 17. 강원대학교에서 제조한 실험실 규모의 떡볶이 떡 제조공정>

- 떡볶이 떡의 pH 측정은 떡볶이 떡을 하루 냉장 보관 이후 떡 100g에 증류수 400mL를 넣고 믹서(MQ9035X, De' Longhi Romania SRL, Romania)로 균질화한 후 pH meter(Starter 3000, Ohaus Corp., Florham Park, NJ, USA)로 측정하였음.

- 떡볶이 떡의 산가 측정은 떡볶이 떡을 하루 냉장보관 이후 떡 100g에 증류수 400mL를 넣고 믹서로 균질화한 후 떡 건더기를 제외한 액체 100g에 0.1N-Potassium Hydroxide Solution과 1%-Phenolphthalein solution을 사용하여 산가를 측정하였음.

- 조직감 측정은 조직감 측정기(CT-3, Brookfield, USA)를 이용하여 산미료 농도(0, 0.25, 0.5, 1, 2, 3%)가 다른 떡볶이 떡의 점착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 경도(hardness)를 측정하여 stress를 계산하였음. Stress 값은 떡의 경도(hardness) 측정 후 떡의 지름을 이용해 계산하였음. 조직감 측정 조건은 trigger force는 50g, test speed는 1mm/s, strain은 0.5로 측정하였으며, 한 sample 당 10회 반복 측정하였음.

- 색도 측정은 색차계(CR-310, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 측정하여 색차를 계산하였으며, 한 sample 당 10회 반복하여 측정하였음.

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

- 미생물 측정은 떡볶이 떡 생산 당일, 산미료 농도가 다른 떡볶이 떡 20g을 0.1%의 peptone water 180g에 10배 희석하여 믹서로 균질화한 후 PDA 배지, PCA 배지, EMB 배지에 희석하여 도말 한 뒤, 36℃에서 24시간 배양하였음.

- 0, 0.25, 0.5, 1, 2, 3% 산배합 한 떡볶이 떡의 관능평가는 강원대학교 식품생명공학과 재학생 20명을 대상으로 색, 맛, 조직감, 향, 전체적인 기호도에 대한 관능평가를 7점 척도법으로 진행하였음.

- 관능평가 전 관능평가 항목으로서 색은 떡볶이 떡의 명도가 밝을수록, 신맛이 느껴질수록, 조직감이 단단할수록, 산미료 향이 강할수록, 기호도가 높을수록 높은 점수를 부여하도록 교육하였음.

● 연구결과

(1) 쌀 시료에 따른 초기균수 검증

- 목적: 적정살균도 도출을 위한 쌀 시료의 초기 균수 조절

- 살균은 살균 방식, 온도, 시간뿐만 아니라 초기 균수에도 영향을 받음.

- 사용 산미료 및 떡의 pH가 내려갈수록 초기 균수의 더 많은 억제가 가능하지만, pH가 4 미만으로 내려갈 경우 산미료에 의하여 맛이 부정적으로 변함.

- 따라서, pH 조절을 제외한 다른 방법을 통해 추가적인 초기 균수 조절 방법의 개발이 요구됨.

- 떡의 경우 증자 직후에는 균이 검출이 되지 않으나 균이 공중에서 낙하하거나 공정 중 오염원에 의하여 표면 오염이 될 확률이 높음.

- 수침된 쌀을 분쇄하여 미분을 제조할 경우 추가적인 공정으로 인해 미생물에 노출될 가능성이 더 높음.

- 쌀을 갈아 미분으로 만든 떡과 멥쌀로 이루어진 떡용 건식 미분(Nongshim Flour Mills Co., Chungnam, Korea)을 이용하여 만든 떡의 초기 균수에 따른 살균도를 달리하여 살균을 진행.

(가) 쌀을 이용한 떡볶이 떡 제조를 위한 평형 수분 함량 도달 시간 확인

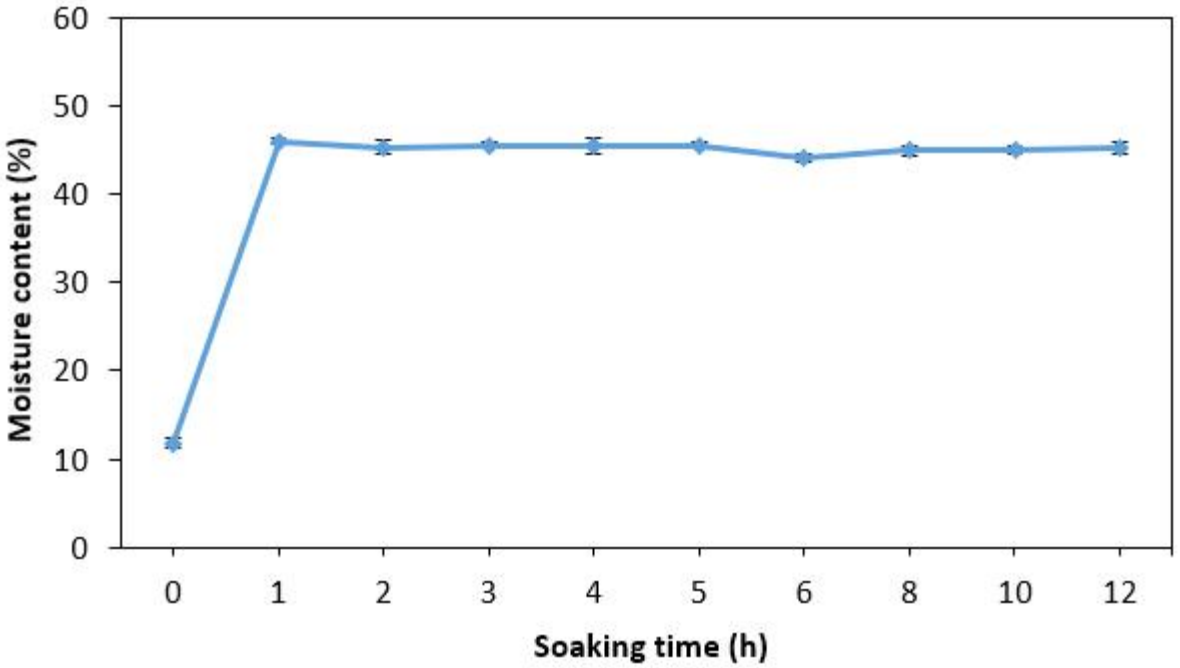
- 목적: 쌀의 증류수 침지 후 분쇄하여 얻은 쌀가루를 통해 떡볶이 떡을 제조하기 위한 쌀의 평형 수분 함량 도달 시간 확인

- 수침은 분쇄 이전 쌀을 증류수에 침지하는 공정으로, 쌀이 수분을 흡수할 경우 연화되는 점을 이용하여 분쇄 시 좀 더 원활하게 분쇄를 진행할 수 있음.

- 수침하지 않은 건조된 쌀의 경우 분쇄 시 전분 구조의 손상이 발생할 수 있지만, 수침시킨 쌀은 이를 방지할 수 있음.

- 농협에서 구입한 쌀(Naesu Nonghyup ,Cheongwon, Korea)을 증류수에 침지하였음.

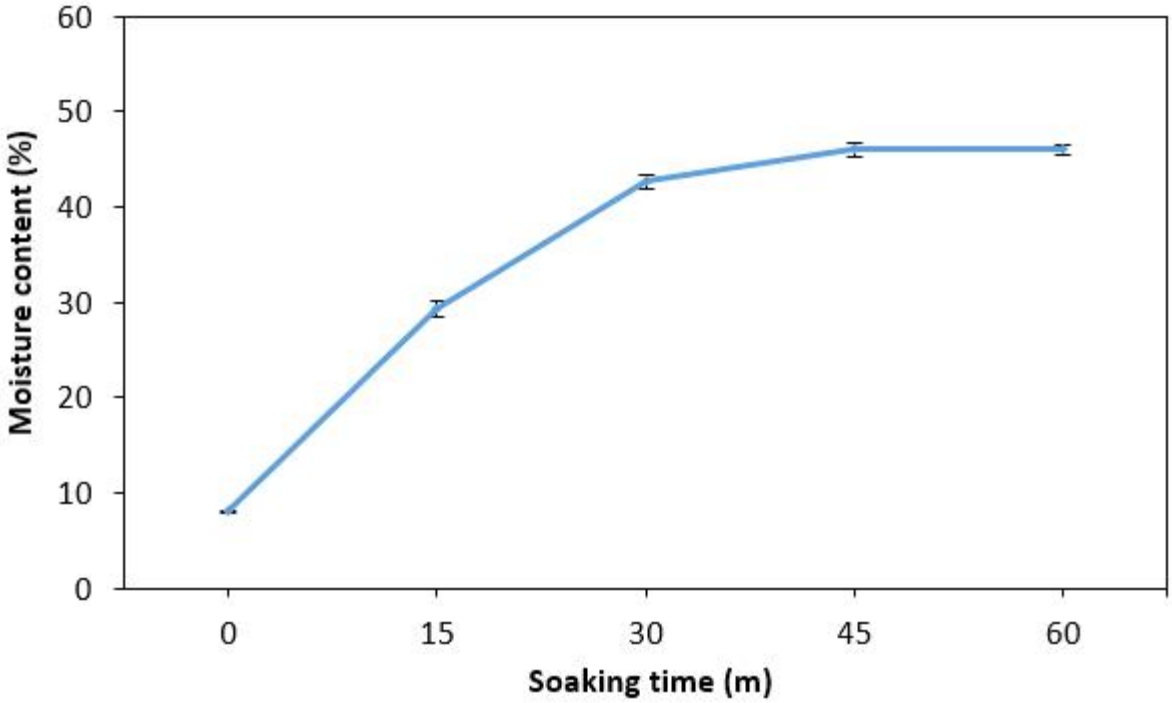
- 침지된 쌀의 표면 수분을 페이퍼 타올을 통해 제거한 직후의 무게와 드라이 오븐(NB-901M, N-BIOTEK, Bucheon, Korea)에 24시간 건조한 후 측정한 질량을 비교하여, 수분 함량을 확인하였으며 결과는 아래와 같음.



<Figure 18. 침지 시간에 따른 쌀의 수분 함량 변화>

- 실험을 진행하여 확인한 결과 평형 수분 함량 도달 시간은 침지 후 1시간 이내에 발생하는 것을 확인하였음.

- 이에 따라 좀 더 정확한 평형 수분 함량 도달 시간을 도출하기 위하여 15분 단위로 침지한 쌀의 수분 함량 측정을 진행하였으며, 결과는 아래와 같음.



<Figure 19. 침지 시간에 따른 쌀의 수분 함량 변화>

- 실험 결과 침지를 45분 진행한 쌀의 수분 함량(46.00%)과 60분 진행한 쌀의 수분 함량(46.03%)의 유의적인 차이를 발견할 수 없었음으로 쌀은 45분 후 평형 수분 함량에 도달하는 것으로 확인하였음.

- 따라서, 45분 이후부터는 쌀을 지속적으로 침지시켜도 유의적인 차이가 없으므로 실험실에서 떡 샘플을 제조 시 쌀을 약 45분간 침지를 진행하여 제조함.

(나) 미분으로 제조한 떡볶이 떡과 수침한 쌀로 제조한 떡의 오염도 차이 확인

- 목적: 증류수에 침지한 쌀과 미분으로 제조한 떡볶이 떡의 초기 균수 확인 및 균이 측정되지 않는 살균도 도출

- 침지한 쌀로 제조한 미분과 시중 판매되는 미분을 통해 떡을 제조하여 해당 샘플의 초기 균수를 비교하는 실험을 진행하였음.

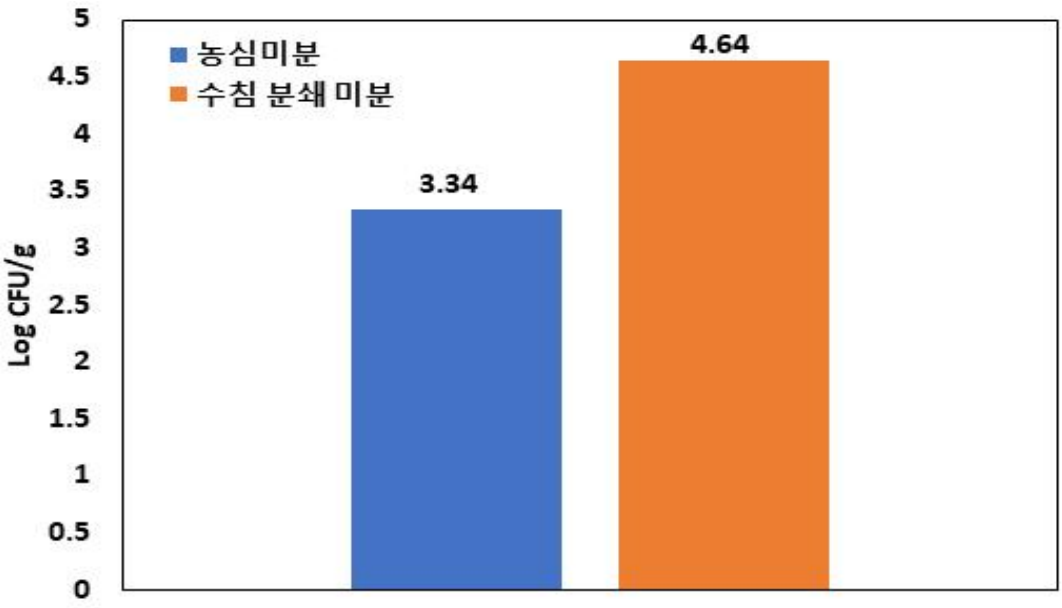
- 실험 진행을 위해 제조한 떡볶이 떡의 압출 크기는 1cm였으며, 강원대학교 파일럿 스케일로 제조하였음. 떡 제조에 사용한 배합비는 Table 8. 과 같음.

- 배지에 시중에 판매되는 미분으로 제조한 떡과 수침한 쌀로 제조한 떡을 배양하여 떡의 초기 균수를 확인하였음.

- 떡을 증자 후 무균팩에 포장한 뒤 6시간 이후 초기균수를 확인하였음.

<Table 8. 떡볶이 떡 배합 재료>

	미분	소금	증류수
Control	750g	7.5g	375g



<Figure 20. 미분 종류에 따른 떡의 초기 균수>

- 미생물 실험 결과 시중에 판매되는 미분으로 제조한 떡이 수침한 쌀을 분쇄하여 제조한 떡보다 오염도가 낮음을 확인하였음.
- 본 연구결과는 미분과 쌀의 압출떡 원료로서의 미생물적 오염도를 상대비교한 값이며, 실제 공정이나, 압출, 냉각, 포장의 과정을 거치면 미생물 수는 1~2log CFU/g이 증가함.

(2) 초기균수 억제를 위한 산미료 혼합 떡의 품질평가

- 생산 규모에서 실시한 산미료 혼합 떡의 품질평가를 다음과 같이 진행함.

- 쌀을 이용한 떡볶이 떡 제조공정과 미분을 이용한 떡볶이 떡 제조공정의 오염 정도를 생산현장((주)신양식품)에서 떡볶이 떡을 제조하여 비교한 결과는 다음 Table 9.와 같음.

<Table 9. ㈜신양식품 생산현장의 쌀과 미분을 이용한 공정별 미생물 오염 정도>

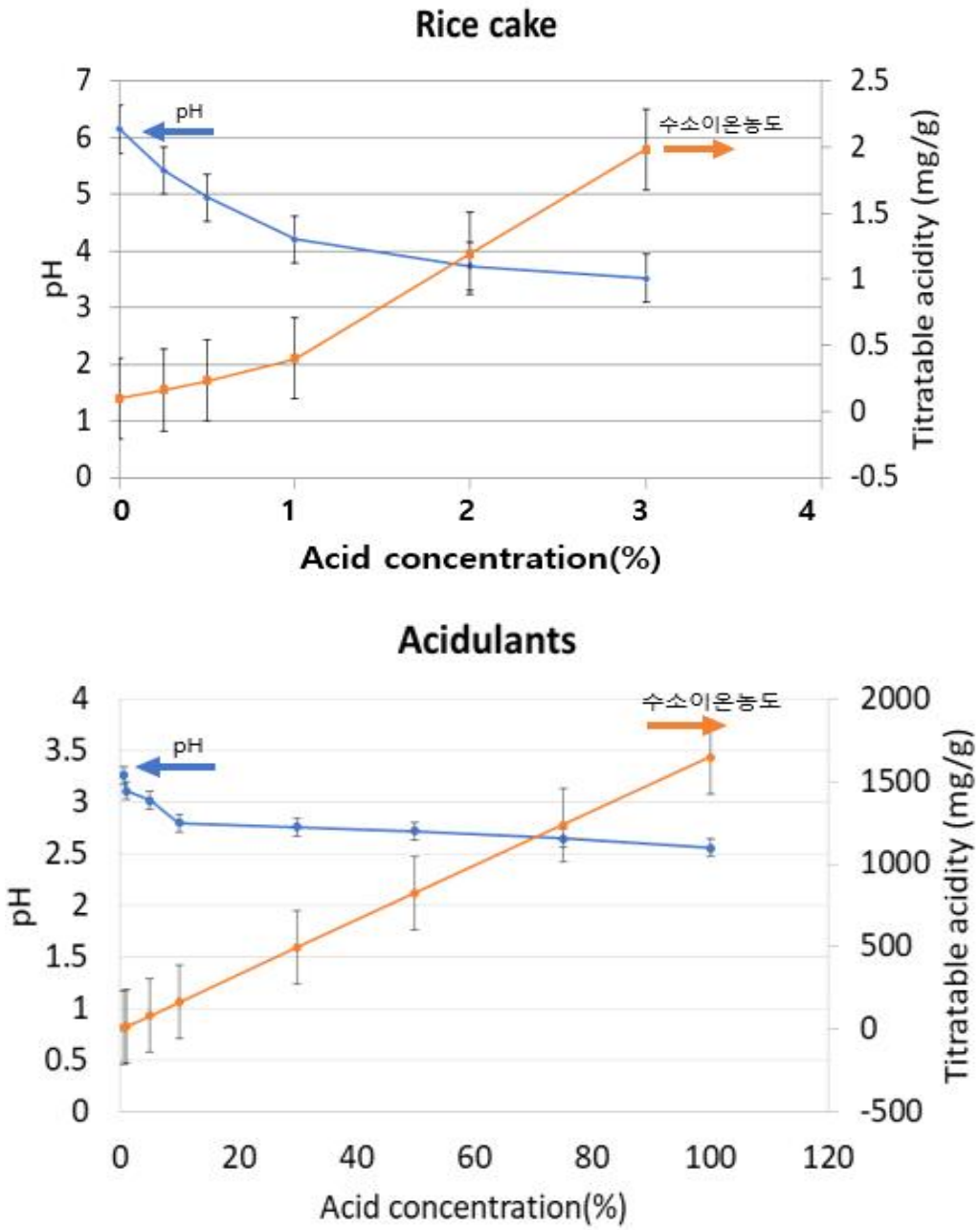
공정	쌀(log CFU/g)	공정	미분(log CFU/g)
원료	4.54±0.09	원료	N.D.(Not detected)
침지 후 분쇄	5.47±0.05 이상		
증숙	2.78±0.08	혼합 및 증숙	N.D.(Not detected)
절단 후(냉각 전)	3.00±0.04	절단 후	2.81 ± 0.05
건조 후 완제품	5.24±0.05	냉각 후	2.99 ± 0.12
		산침지 후	2.90 ± 0.08
		살균 후 완제품	N.D.(Not detected)

- 쌀을 이용하여 떡볶이 떡 제조 시 원료에서부터 균이 4.54 log CFU/g 검출되었으며, 10℃의 냉장실에서 건조 후 최종 완제품의 초기 균수는 5.24 log CFU/g 이었음.

- 미분을 이용하여 떡볶이 떡 제조 시 원료에서는 균이 검출되지 않았으며, 제조 단위 공정에서는 최대 2.99 log CFU/g이 검출되었으며 이는 쌀을 이용하였을 때 보다 적은 균수가 검출된 결과이었으며 95℃에서 F_{95} = 6분을 기준으로 살균 후 최종 완제품의 미생물은 검출되지 않았음.

- 원료에 따른 공정을 비교 시 미분을 이용하여 혼합-증숙 복합 공정, 산침지 공정, 살균 신공정을 적용하였을 때 쌀을 이용한 공정보다 유통기한에 영향을 미치는 주원인인 초기 미생물의 농도를 낮추는 역할을 확인하였음.

- 미분을 이용하여 배합 시 산미료 농도에 따라 떡을 제조하였을 때 떡의 pH와 수소이온 농도 변화는 Figure 21. 과 같음.



<Figure 21. 산 배합 농도에 따른 떡의 수소이온 농도와 수소이온 변화>

- pH를 측정한 결과 떡볶이 떡의 산미료 농도가 증가하면 산 농도가 증가하므로 낮은 pH가 측정되었음.

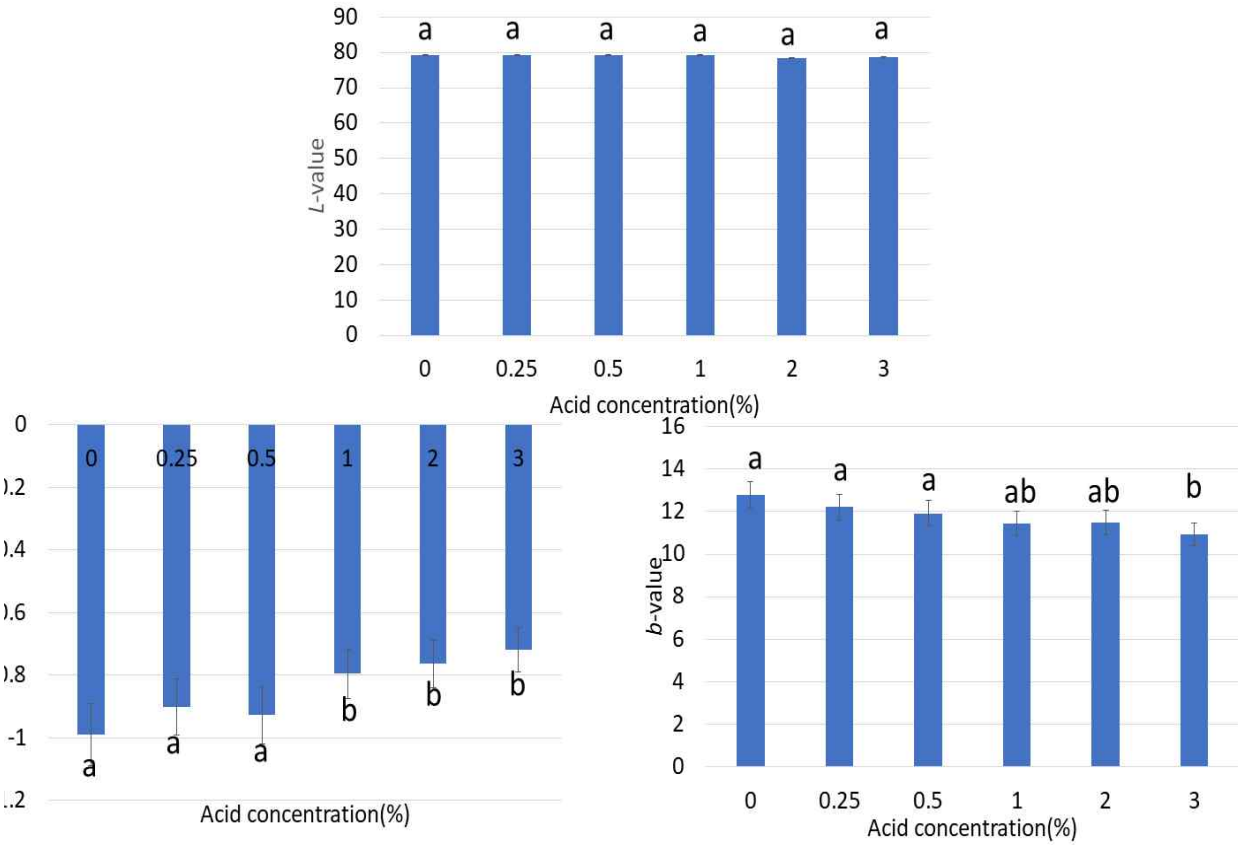
- 산가 측정 시 떡볶이 떡의 산미료 농도가 증가함에 따라 산가가 증가하였음.

- pH가 낮고 산가가 높을수록 hardness가 감소하였고, 검성, 탄력성, 씹힘성이 감소하는 것으로 보아 떡이 부드러워졌음을 확인하였음.

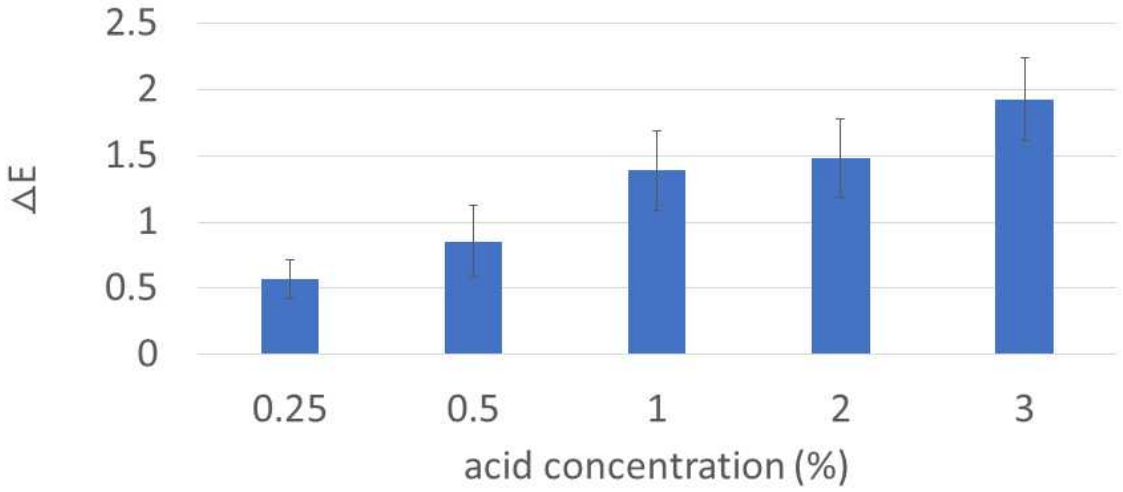
- 산미료(P.D) 용액을 각 0, 0.25, 0.5, 1, 2, 3%의 농도로 배합하였음.

<Table 10. 산배합 농도에 따른 떡볶이 떡의 조직감 변화>

TPA parameters						
acidulant (%)	Stress (g/cm2)	Adhesiveness (g x sec)	Cohesivenes s	Springines s (mm)	Gumminess (g)	Chewiness (g x mm)
0	520.93±73.56^{a}	-595.28±4.49^{b}	0.72±0.01^{a}	0.95±0.00^{a}	1132.64±89.34^{a}	1071.53±89.36^{bc}
0.25	470.13±76.61^{a}	-491.18±43.25^{a}	0.73±0.01^{a}	0.96±0.00^{a}	1190.03±98.26^{a}	1141.39±99.92^{cd}
0.5	450.76±75.15^{a}	-650.07±42.99^{c}	0.71±0.02^{a}	0.94±0.01^{a}	909.84±92.11^{a}	856.51±93.87^{ab}
1	431.57±60.43^{ab}	-559.18±28.21^{b}	0.72±0.02^{a}	0.95±0.00^{a}	992.97±83.99^{a}	940.02±96.77^{b}
2	424.81±36.92^{ab}	-680.67±5.99^{c}	0.74±0.02^{a}	0.93±0.00^{a}	1133.23±96.75^{a}	1061.68±94.3^{bc}
3	352.90±35.46^{b}	-777.94±47.99^{d}	0.71±0.01^{a}	0.93±0.00^{a}	827.89±68.46^{b}	767.70±97.45^{a}



<Figure 22. 산 배합 농도에 따른 떡볶이 떡의 색도 변화 (a): *L*-value, (b): *a*-value, (c): *b*-value>



<Figure 23. 산 배합 농도에 따른 떡볶이 떡의 △E 변화>

<Table 11. 산배합 농도에 따른 떡볶이 떡의 △E 값 변화>

Acid concentration(%)	△E
0.25	0.57±0.14[a]
0.50	0.85±0.27[a]
1	1.39±0.29[b]
2	1.48±0.29[b]
3	1.92±0.31[c]

- 산배합 시 산미료 농도에 따른 떡볶이 떡의 색도 측정 시 명도를 나타내는 *L* 값과 황색도를 나타내는 *b* 값이 감소하여 황색도가 감소한 것을 확인할 수 있었으며, 산미료 농도가 증가할수록 색차 값이 증가하였음.

<Table 12. 산배합 농도에 따른 떡볶이 떡의 관능평가>

산배합 농도 (%)	Control	0.25	0.5	1	2	3
색	6.87 ± 0.54^{a}	6.30 ± 0.32^{a}	5.98 ± 0.45^{b}	5.75 ± 0.24^{b}	5.68 ± 0.38^{b}	5.08 ± 0.29^{bc}
맛	6.90 ± 0.35^{a}	6.67 ± 0.48^{a}	6.07 ± 0.55^{a}	5.86 ± 0.38^{ab}	5.58 ± 0.40^{ab}	5.27 ± 0.34^{b}
향	6.15 ± 0.25^{a}	6.01 ± 0.18^{a}	5.98 ± 0.23^{a}	5.87 ± 0.36^{ab}	5.62 ± 0.25^{ab}	5.54 ± 0.48^{b}
조직감	5.56 ± 1.02^{a}	5.32 ± 0.95^{a}	4.99 ± 0.98^{a}	4.58 ± 0.81^{ab}	4.32 ± 0.99^{ab}	4.10 ± 0.87^{b}
전체적인 기호도	6.84 ± 0.39^{a}	6.75 ± 0.19^{a}	6.61 ± 0.31^{a}	6.49 ± 0.29^{ab}	6.30 ± 0.13^{ab}	6.12 ± 0.29^{b}

- 산배합 시 산미료 농도가 증가함에 따라 신맛과 산미료 향에 의하여 맛과 향의 관능평가 점수가 감소하는 경향을 보였으나 control과 비교 시 산배합 2%까지는 큰 유의미한 차이가 없는 것을 확인함.

- 떡의 조직감 관능평가는 산배합 농도에 따른 떡의 조직감 중 stress 결과 값과 동일한 경향을 나타내었으며, 산배합 2%까지는 control과 비교 시 유의미한 차이가 없는 것을 확인하였음.

<Table 13. 산배합 농도에 따른 떡볶이 떡의 미생물 변화>

Acid concentration(%)	EMB (log CFU/g)	PCA (log CFU/g)	PDA (log CFU/g)
0	ND	4.06±0.11^{e}	3.76±0.02^{d}
0.25	ND	3.56±0.05^{cd}	3.67±0.00^{c}
0.5	ND	3.4±0.03^{c}	3.6±0.06^{bc}
1	ND	3.01±0.25^{b}	3.36±0.06^{b}
2	ND	3.19±0.08^{b}	2.9±0.06^{a}
3	ND	2.62±0.32^{a}	2.87±0.15^{a}

- 떡볶이 떡의 제조 배합 시 산미료 농도가 증가할수록 미생물(일반세균(PCA), 진균류(PDA)) 균수가 감소함을 확인하였으며, 대장균군 배지(EMB)에서는 대장균이 검출되지 않는 것을 확인하였음.

(3) 원료(쌀, 미분)에 따른 압출 떡 제조 후 소비자 기호도 평가를 통한 떡의 조직감 및 맛 평가

- 목적: 원료에 따른 압출 떡의 특성 및 기호도 차이 분석

(가) 기호도 차이 분석을 위한 원료별 떡 제조

목적: 원료에 따른 압출 떡의 산 침지 특성 변화 여부 검증

- 수침한 쌀을 분쇄하여 얻은 쌀가루로 만든 떡과 멥쌀로 이루어진 떡용 건식 미분(Nongshim Flour Mills Co., Chungnam, Korea)을 이용하여 떡을 제조하였음.

- 증류수에 1시간 침지한 쌀(청원 생명 쌀, 농협, ,Korea)을 650W dry grinder (HMF-3250S, Hanil Electric, Seoul, Korea)를 통해 2분간 분쇄하였으며, 분쇄 이후 서로 다른 5개의 Sieve (1.18, 1.00, 0.60, 0.43, and 0.25mm)와 mechanical shaker (CG-211-8, Chunggye, Seoul, Korea)를 사용하여 입자 크기별 미분을 분리하였음.

- 수침한 쌀을 분쇄하여 얻은 쌀가루와 떡용 건식 미분을 사용하여 굵기가 1cm, 3cm인 떡볶이 떡과 떡국 떡을 제조하였으며 사용한 배합비는 아래와 같음.

- 수침 미분의 경우, 수침 과정으로 인하여 자체적으로 수분을 머금고 있기 때문에 동일한 수분을 첨가할 경우, 정상적으로 떡이 압출되지 않아 아래와 같이 조정을 진행하였음.

<Table 14. 압출 떡의 배합 재료>

	미분	소금	증류수
건식 미분	750g	7.5g	345g
수침 쌀	750g	7.5g	100g

(나) 원료에 따른 압출 떡의 품질 인자 비교

- 목적: 원료에 따른 압출 떡의 품질 인자 차이 여부 검증

- 원료에 따른 압출 떡의 품질 인자를 비교하였음.

- 조직감은 조직감측정기(TA.XT plus 100C, TA.XT plus, MHK Trading Co., Bucheon, Korea)를 통해 측정하였으며 결과는 아래와 같음. (측정방법 및 조건은 앞장의 기술내용과 동일)

<Table 15. 원료에 따른 압출 떡의 조직감>

	떡 종류	Hardness (g)	Adhesiveness (g)
건식 미분	1cm 떡볶이 떡	1267.84± 23.05	195.41± 32.09
	3cm 떡볶이 떡	3514.48± 155.94	830±56.84
수침 미분	1cm 떡볶이 떡	1104.15± 56.19	200.9±29.82
	3cm 떡볶이 떡	3044.16±89.58	361.82± 64.13

- 색도의 경우 Minolta colorimeter(CR-400, Konica minolta Inc., NJ, U.S)를 통해 시루의 색도를 측정하였음.

- 추가적으로 아래 공식을 통해 원료에 따른 떡의 색차를 도출하였음.

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

<Table 16. 원료에 따른 떡의 색도>

	L	a	b	△E
건식 미분	80.05±0.15	-1.04±0.01	12.52±0.09	-
수침 미분	79.69±0.25	-0.88±0.01	12.19±0.09	0.51

- 색차는 0.51로 원료에 따른 유의적인 색차를 확인할 수 없었음.

(다) 원료에 따른 압출 떡의 관능평가를 통한 선호도 비교

- 목적: 원료에 따른 압출 떡의 선호도 차이 여부 검증

① 일반 미분과 쌀가루 미분으로 제조한 떡의 관능평가

- 압출 떡 제조는 쌀을 증자 후 성형방식을 사용하는 제조방법과 미분을 사용하여 혼합과 증숙을 동시에 하는 제조방법으로 분류 가능함.

- 쌀가루를 이용한 압출 떡 제조공정은 쌀을 물에 불려 분쇄하여 사용하며, 혼합과 증자가 따로 이루어지며 시루를 이용하여 증자함. (세척 및 침지 → 분쇄 및 혼합 → 증숙 → 제병 → 절단 → 냉각)

- 미분을 이용한 ‘혼합/증숙’ 복합 공정은 원료로 쌀을 사용하여 증자와 혼합을 따로 시키는 기존 방식 공정과는 달리 혼합과 증숙을 동시에 시킬 수 있음. (원료 투입 → 혼합/증숙 → 제병 → 절단 → 냉각)

- 원료에 따른 압출 떡의 선호도를 확인하기 위해 관능평가를 진행하였음.

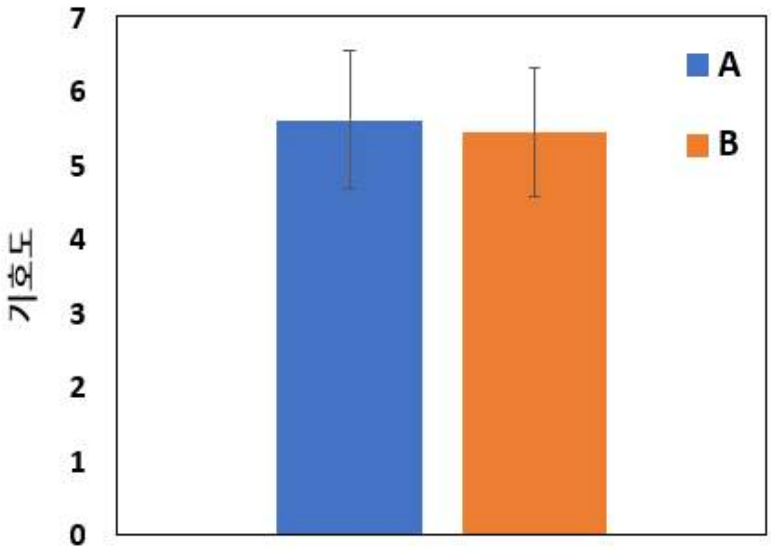
- 쌀가루를 이용하여 제조한 압출 떡을 대조군으로서 ‘A’로 설정하였으며, 건식 미분을 이용하여 제조한 압출 떡을 ‘B’라고 지정하였고, 동일한 양념을 이용하여 떡볶이를 조리하였음.

- 관능평가 대상으로는 다양한 연령대 층의 일반인들로서 강원대학교 중앙도서관 뒤편에서 진행하였음.

- 관능검사는 상온 장기유통 떡볶이 떡 개발에 대한 설명을 진행한 후 실험군 A, B에 대한 전체적인 기호도에 대하여 7점 척도법으로 진행하였음.

- 7점 척도법을 이용하여 전체적인 기호도를 비교하였을 때 A 샘플은 5.60±0.94 점, B 샘플은 5.43±0.87 점으로 2가지 샘플군에서 유의미한 차이가 나지 않았음.

- 두 가지 떡의 기호도 차이가 나지 않는 것으로 보아 쌀가루와 건식 미분 모두 소비자 기호도를 만족하는 것을 확인하였음.



<Figure 24. 쌀가루와 건식 미분으로 제조한 압출떡의 전체적인 기호도 평가 결과>

<Figure 25. 쌀가루와 건식 미분으로 제조한 압출떡의 전체적인 기호도 관능평가 실시>

◆ **최적 가공기술 연구(증숙, 성형, 절단 기술 등)**

● **배경**

- 실험실규모의 압출떡 생산 설비 개발 필요

- 기존 증숙 공정의 위해요소 분석

- 기존 증숙 공정을 대체하기 위한 최적 가공 기술 도입

- 쌀가루를 이용한 스팀 믹서 혼합 방식의 검증

- 기존 증숙 방식과 최적 가공 기술의 위해요소 비교 및 생산성 비교

- 산미료 첨가에 따른 증숙 후 품질 특성 확인 및 조건 확립

- 떡국떡의 살균 시의 응집 최소화를 위한 성형공정 개발

● **연구개발 목적**

- 증숙, 성형, 절단 기술 등 각 공정 단계에 대한 최적 가공기술을 연구하여 최적 공정조건을 도출하기 위함

● **연구개발 세부목표**

- 원료로 쌀을 사용 시 침지, 분쇄, 증숙 과정 시에 미생물 오염도가 증가되는 것을 확인

- 압출 떡의 원료로 쌀, 미분을 사용할 때의 각 조건에 따른 유통기한 연장 기술 확립

- 증숙 이후 떡의 방랭/건조 과정에서 미생물 오염이 발생하므로 방랭/건조 과정을 생략하고 절단 및 수냉 후 산침지 공정을 도입

- 산미료를 이용한 전처리 후 증숙 전후의 pH 측정 및 차이 확인

- 증숙 후 pH 상승 효과를 고려한 산미료 농도 및 첨가량 조건 확립

● **연구개발 수행내용**

(1) 미분의 표면적 증가로 인한 2차오염을 최소화하기 위한 혼합증숙 동시 공정개발

- 압출 떡 제조 회사는 쌀을 전통적 증자 후 성형방식을 사용하는 제조사(Figure 26.)와 미분을 사용하여 혼합과 증숙을 동시에 하는 제조사(Figure 27.)로 분류 가능함.

<Figure 26. 기존의 압출 떡 제조 공정>

<Figure 27. 미분을 이용한 혼합/증숙 복합 공정>

- Figure 26.의 기존 압출 떡 제조 공정에서는 쌀을 물에 불려 분쇄하여 사용하며, 혼합과 증자가 따로 이루어지며 시루를 이용하여 증자함.

- Figure 27.의 미분을 이용한 혼합/증숙 복합 공정에서는 원료를 쌀가루 미분을 사용하여 증자와 혼합을 따로 시키는 기존 방식 공정과는 달리 혼합과 증숙을 동시에 시킬 수 있음.

- 원료로 쌀을 사용 시 침지, 분쇄, 증숙 과정 시에 미생물 오염도가 증가 확인.

- 압출 떡의 원료로 쌀, 미분을 사용할 때의 각 조건에 따른 유통기한 연장 기술 확립.

- 증숙 이후에는 떡의 방랭/건조 과정에서 미생물 오염이 발생하므로 방랭/건조 과정을 생략하고 연속 수냉식 공정을 도입한 후 산침지 공정을 적용.

- 산미료를 이용한 전처리 후 증숙 전후의 pH 측정 및 차이 확인.

- 증숙 후 pH 상승 효과를 고려한 산미료 농도 및 첨가량 조건 확립.

(2) 미분의 혼합증숙 공정과 산침지 공정의 최적화를 위한 산배합과 혼합증숙 동시 공정 효과 도출

(가) 생산단계에서의 미생물 오염

- 떡 생산 공정에서의 미생물 오염은 배합, 증숙, 냉각 등의 취급 과정에서 발생하는 교차오염에 의해 불가피함.

- 따라서, 생산 공정 단계별로 오염되는 미생물 수치를 측정하고자 파일럿 생산시설에서 제조 시 각 공정별로 미생물 오염도를 측정함.

- 떡 생산 공정 중 미생물의 오염을 줄이기 위해, 떡의 초기 pH를 감소시켜야 하고 이를 위해 혼합 공정에서 산미료(P.D.) 용액을 1% 첨가하여 떡을 제조하였음.

- 따라서, 1%의 산미료를 첨가한 떡과 산미료를 첨가하지 않은 control 떡의 비교를 통해, 산 첨가 시 미생물 저감의 효과를 확인하였음.

<Table 17. 떡의 생산공정 단계별 미생물 양의 변화>

샘플	공정	초기 pH	log CFU/g
Control	배합	6.34	7.61 ± 0.18^{a}
	증숙		3.95 ± 0.23^{b}
	압출		4.04 ± 0.19^{b}
	냉각		4.08 ± 0.08^{b}
산배합 떡(P.D. 1%)	배합	4.18	6.78 ± 0.17^{a}
	증숙		3.48 ± 0.12^{b}
	압출		3.60 ± 0.16^{b}
	냉각		3.70 ± 0.18^{b}

- 생산 공정 중에 쌀가루와 떡의 미생물 양을 측정하여 Table 17.에 기술함.

- 증숙 공정은 떡을 고온에서 처리시키기 때문에 떡에 존재하는 미생물 양을 감소시키나, 압출과 냉각 공정의 경우 2차 오염에 의해 떡에 존재하는 미생물의 양을 증가시킴.

- 떡의 배합과정에서 1%의 P.D.를 첨가하면, 떡에 존재하는 미생물의 양이 1log 만큼 감소함을 확인함.

(나) 산 침지 이후 표면에 잔존하는 산 제거

- 떡을 침지한 후 실시한 관능검사에서 pH 4.0 이하의 떡에서 신맛이 있음을 알 수 있었음.

- 침지 후 이 문제를 해결하기 위해 떡 표면을 증류수를 통과시켜 떡 표면의 잔존 산미료를 제거하는 공정을 도입하였음.

- 혼합 및 배합에는 사용한 산미료는 기존에 사용하던 유기산 기반의 P.D.와 새로이 인산염기반의 Sporix(SPRX, SeodoBNI, Ansan, S. Korea)와 유기산과 인산염혼합 산미료인 SDP(SeodoBNI, Ansan, S. Korea)를 사용하여 평가하였음.

- 이는 현재 국내의 면류를 비롯한 가공식품업계에 많이 사용되는 산미료가 해외에서 수입되는 원료(예, P.D.는 일본기술로 개발되어 중국에서 생산되는 제품)이므로 이를 대체하기 위하여 국내제조사가 생산하는 인산염기반의 산미료와 유기산과 인산염 복합산미료를 평가함. (산미료의 세부적인 실험결과는 본 보고서의 표면코팅부분을 참조)

<Table 18. 미생물 분석결과>

샘플 처리 조건	pH	평균 CFU/g
Soaking of control rice cake in Power Dip and SPRX		
Power Dip soaking (1:50mins)	4.01	3.3222±0.03
SPRX soaking (2min)	4.12	3.6902±0.08
Cleaning in distilled water (60sec)		
Control + Power Dip + cleaning	4.76	3.5977±0.11
Control + SPRX+ cleaning	5.53	3.7482±0.07
Cleaning in distilled water (20 seconds)		
Control + Power Dip + cleaning	4.06	3.4472±0.12
Control + SPRX + cleaning	5.01	3.7193±0.10
산배합 (1.01% Power Dip) rice in power dip and SPRX		
P.D. 침지 (1min 50s)	3.21	No growth
SPRX 침지(2min)	3.36	No growth
Cleaning in distilled water (1:00min)		
Power Dip	3.51	No growth
SPRX	3.56	No growth
Cleaning in distilled water (20 seconds)		
Treated + Power Dip + cleaning	3.36	No growth
Treated + SPRX + cleaning	3.48	No growth

- 떡의 표면세척 과정을 통해 앞서 관찰된 떡에서의 신맛을 감소시키는 데 효과적이었음.

- 혼합과정중 1%의 산미료가 첨가된 떡의 경우 미생물의 양이 유의미하게 감소하였음.

- 이후 P.D. 과 SPRX에 침지시킬 경우 미생물의 성장이 발견되지 않았음.

- 결론적으로 산미료가 첨가된 떡을 증숙과 침지를 통해 초기 미생물의 양을 N.D. 수준으로 감소시키는 것이 가능함.

(3) 살균 공정 후 압출 떡의 결착을 통한 소비자비선호요인을 감소시키기 위한 성형방식의 다양화

- 압출 떡 중, 떡국용 떡은 떡볶이 떡 등 다른 떡에 비해 전체 표면적이 넓고, 떡과 떡 간의 접촉면적이 넓어 살균 시 뭉침, 끈적임, 포장재와의 결착력 등으로 인해 살균 기술의 적용이 어려움.

- 또한, 포장된 떡국 떡을 장기보관하거나 운송할 시에는 제품이 일반적으로 서로 적층되어 보관 및 운반됨.

- 이는 평평한 떡과 포장재 사이의 접촉 표면적을 증가시키는 압축력을 생성하여, 떡이 기존에 가지고 있던 접착력이 크게 증가하여, 포장재 또는 떡끼리의 붙는 정도가 더욱 심해지는 문제를 발생시킴.

- 따라서, 포장 시 접촉되는 떡의 접촉면적을 감소시켜 위와 같은 현상을 해결할 필요가 있음.

- 그 방안으로 떡국 떡의 모양을 다양화하고, 이중 콘케이브(doubleconcave), 콘케이브(concave), 롱 웨이브(long wave) 또는 웨이브(wave)의 형태로 떡국 떡을 성형하여 결착정도를 측정하였음.

● 연구결과

(1) 미분의 혼합증숙 (및 산배합) 동시공정

- ㈜신양식품에서 다음 Table 19. 와 같은 배합비로 떡볶이 떡 생산을 진행하였음.

<Table 19. ㈜신양식품에서의 20kg 생산 기준 떡볶이 떡 제조 배합비>

쌀가루	20kg
소금	100g
물	10kg

- 증숙은 120~130℃의 온도에서 2~3분 진행하였음.

- 성형은 Figure 28.과 같이 증숙된 미분이 압출구를 통과하여 침지조를 통과 후 절단 과정을 거침. 이 때 침지조는 overflow를 통하여 물의 온도가 떡에 의하여 상승되는 것을 방지함.

<Figure 28. ㈜신양식품에서의 떡볶이 떡 제조 공정도>

- 침지조를 통과하여 온도가 떨어진 떡볶이 떡은 절단기를 거쳐 절단이 되며 절단 시, 절단기에 떡이 달라붙는 현상을 방지하기 위하여 절단기 옆에서 절단기 쪽으로 일정량의 물이 분사됨.

- 절단된 떡볶이는 냉각과정을 거친 후 침지조에서 침지가 이루어짐.

- 침지가 끝난 떡은 유화유지가 분무된 후 150g씩 계량기를 통하여 포장이 되며, 포장이 완료된 떡은 살균 공정을 거쳐 냉각 후 포장이 되는 공정을 거침.

(2) 산업적규모로 생산된 떡의 품질을 실험실 규모에서 재현하기 위한 연속식 압출떡 제조 공정 개발

(가) 최적 가공기술 연구(증숙, 성형, 절단 기술 등)

- 목적: 실험실 스케일에서 제조한 떡볶이 떡의 최적 제조공정 확립

- 증숙 시간(20분, 40분, 80분, 120분), 압출 횟수(1회, 2회, 3회)와 같은 압출 조건을 달리한 떡볶이 떡을 제조하였으며, 배합비는 아래와 같음.

<Table 20. 견본 떡볶이 떡 배합 비율>

	미분	소금	증류수	산미료	합계
Control	750g	7.5g	301.7g	0g	1059.2g
(%)	70.8	0.71	28.4	0	100%

- 완성된 견본은 조직감 측정기(TA.XT plus 100C, TA.XT plus, MHK Trading Co., Bucheon, Korea)를 통해 TPA (texture profile analysis) test를 진행하여 hardness, adhesiveness, , cohesiveness, gumminess, chewiness와 같은 조직감을 측정하였음.

<Table 21. 압출횟수 및 증자시간에 따른 떡 경도 측정 결과>

Parameter		Hardness (g)	Adhesiveness (g•s)	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
증자시간 (min) (X_1)	압출횟수 (X_2)					
20	1	800.7±137.2^{a}	206.4±59.3^{ab}	0.87±0.02^{ab}	480.0±67.3^{a}	319.8±104.2^{b}
	2	834.4±172.8^{a}	172.5±52.0^{abc}	0.89±0.03^{abc}	527.3±80.5^{a}	371.7±112.4^{ab}
	3	865.0±153.6^{a}	178.1±89.2^{abc}	0.88±0.02^{abc}	375.1±73.0^{bc}	436.8±183.5^{a}
40	1	540.8±43.19^{b}	95.5±8.0^{de}	0.86±0.03^{a}	388.7±134.7^{bc}	228.1±37.6^{cd}
	2	580.4±57.1^{b}	126.5±3.5^{bcdf}	0.90±0.03^{bcd}	447.2±102.7^{ab}	242.9±41.3^{cd}
	3	580.1±124.1^{b}	195.4±37.5^{a}	0.92±0.01^{d}	482.8±140.4^{bc}	243.5±62.9^{cd}
80	1	380.8±170.9^{c}	121.0±15.8^{cde}	0.92±0.04^{d}	350.5±146.2^{c}	216.4±135.6^{d}
	2	386.5±60.3^{c}	108.9±8.2^{de}	0.92±0.03^{d}	372.2±57.6^{bc}	177.8±53.0^{d}
	3	354.9±87.5^{c}	131.0±10.5^{bcd}	0.97±0.06^{e}	370.7±78.3^{bc}	222.9±87.3^{d}
120	1	167.6±51.6^{d}	181.7±34.0^{ab}	0.88±0.02^{abc}	212.3±32.8^{d}	70.8±21.9^{e}
	2	158.1±41.0^{d}	133.5±46.0^{bcd}	0.91±0.01^{cd}	147.2±25.3^{d}	57.0±17.6^{e}
	3	130.4±24.0^{d}	71.6±29.2^{e}	0.92±0.02^{d}	171.0±54.5^{d}	85.1±45.2^{e}

- Hardness, gumminess, chewiness는 증자시간이 증가함에 따라 값이 유의적으로 감소하였으나, 압출횟수에 의한 영향은 확인할 수 없었음.

- Cohesiveness는 압출횟수가 증가함에 따라 값이 유의적으로 증가하였으나, 증자시간에 의한 영향은 확인할 수 없었음.

- Adhesiveness는 두 인자 모두에 대하여 유의적인 변화를 확인할 수 없었음.

- Mini tab 19를 이용하여 압출횟수와 증자시간이 각 조직감 항목에 미치는 영향에 대한 Model 방정식을 도출하였으며, 해당 방정식이 얼마나 유의한지 판단하기 위해 R^2, p-value를 도출하였음.

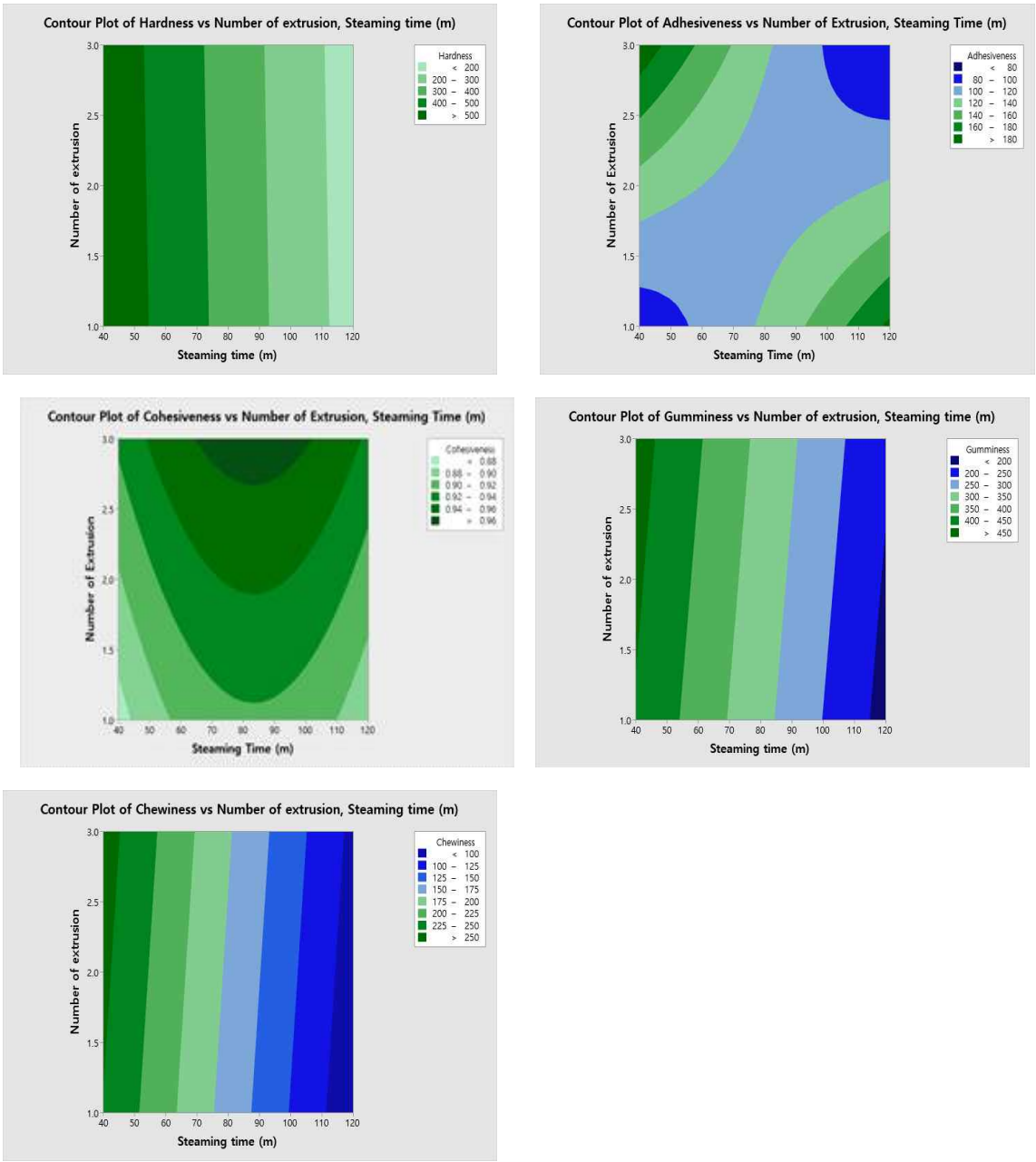
<Table 22. 증숙 시간(X_1)과 압출 횟수(X_2)에 따른 조직감 항목별 Model 방정식>

Parameter	Model	R^2	P-value
Hardness	$769.2 - 5.189X_1 - 3.98X_2$	0.98	0.01
Adhesiveness	$176 - 1.465X_1 + 102.3X_2 + 0.00858X_1^2 + 9.76X_2^2 - 1.312X_1X_2$	0.96	0.02
Cohesiveness	$0.9424 + 0.00638X_1 + 0.02585X_2 - 0.03832X_1^2$	0.91	0.01
Gumminess	$583.2 - 3.284X_1 + 12.2X_2$	0.89	0.01
Chewiness	$334.7 - 2.09X_1 + 6X_2$	0.86	0.01

- 방정식의 유의적인 신뢰도는 R^2이 70이상이며, 증자시간 또는 압출 횟수의 p-value가 0.05 이하인 것을 기준으로 선정하였음.

- 해당 조건에 hardness, adhesiveness, cohesiveness, gumminess, chewiness 5개 인자 모두 부합되었음.

- 해당 조직감들의 증자시간과 압출 횟수에 따른 등고선도를 나타내었으며, 이는 아래와 같음.



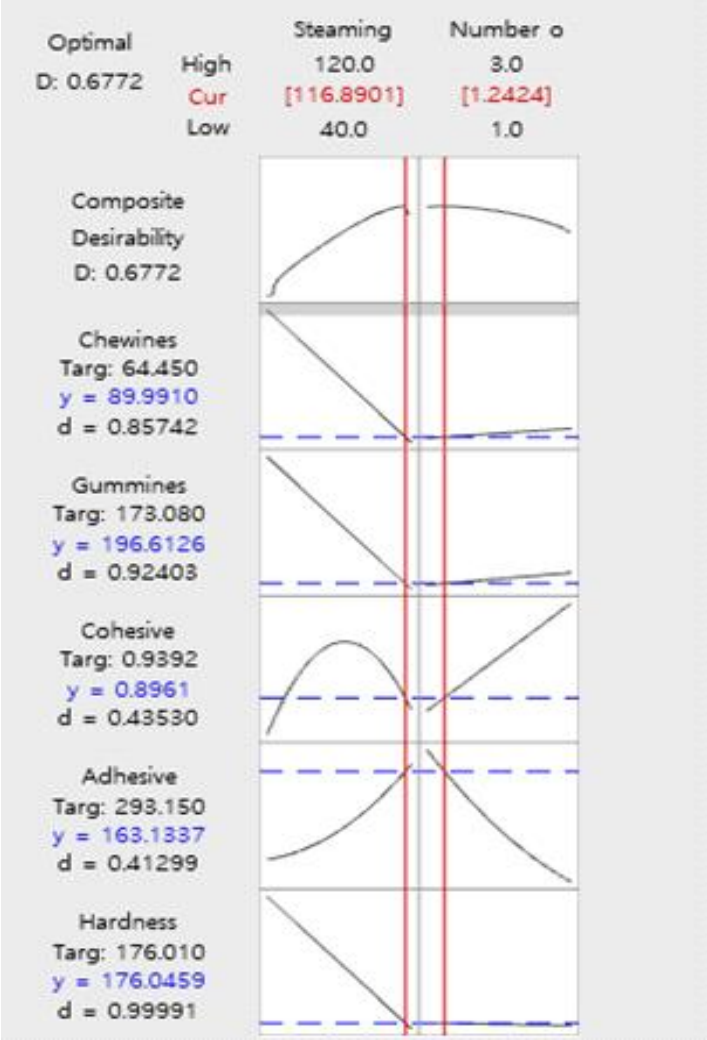
<Figure 29. 증자시간과 압출 횟수에 따른 조직감 인자의 등고선도>

- 시중에서 판매하는 떡볶이 떡의 조직감 인자를 측정하였으며, 측정값은 아래와 같음.

<Table 23. 시중에서 판매하는 떡볶이 떡의 조직감 인자 측정 결과>

Parameter	Value
Hardness	176.01±11.17
Adhesiveness	293.1558±41.25
Cohesiveness	0.9392±0.01
Gumminess	173.0876±3.93
Chewiness	64.45±4.25

- 시중 떡볶이 떡의 조직감 인자 값을 앞서 얻었던 모델 방정식에 적용하여 해당 인자들을 얻기 위해 적용해야하는 증숙시간과 압출횟수를 도출하였음.



<Figure 30. 시중 제품의 조직감 인자를 목표로 한 모델 방정식의 최적화>

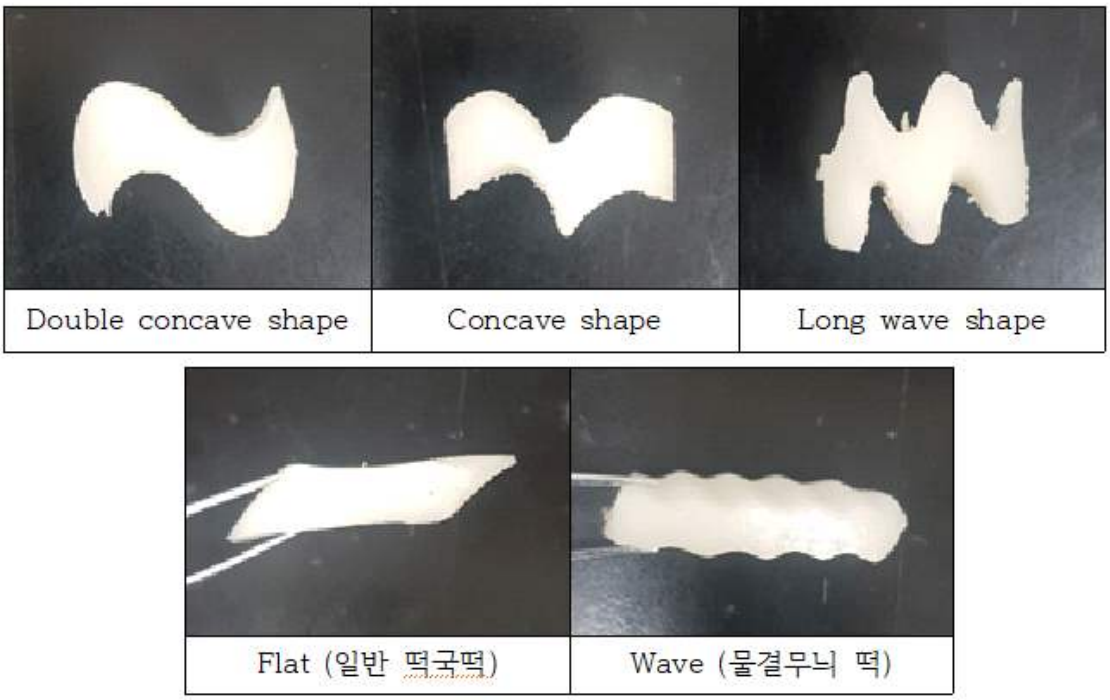
- 최적화 진행 결과 약 117분의 증자 후 1회 압출을 진행한 압출떡이 시장에서 유통되는 떡볶이 압출떡과 가장 유사한 조직감을 나타내는 것을 확인하였음.

- 해당 결과를 바탕으로 Lab-scale에서 떡볶이 떡 관련 연구 진행 시 사용할 수 있는 최적 제조공정을 확립하는데 성공하였음.

(3) 압출 떡의 끈적임을 감소시키기 위한 성형방식의 다양화

(가) 떡국 떡의 다양한 모양 도출 및 접촉면적 분석

① 모양 도출



<Figure 31. 다양한 모양으로 성형한 떡국 떡>

- Figure 31. 과 같이 다양한 모양으로 떡국 떡을 절단 및 성형하여 제조하였음.
- 떡끼리 응집하는 현상 및 떡국 떡과 포장재 간의 달라붙는 현상을 최소화시킬 수 있는 적절한 모양의 떡국 떡을 도출하고자 함.

② 떡국 떡의 전체 표면적 측정

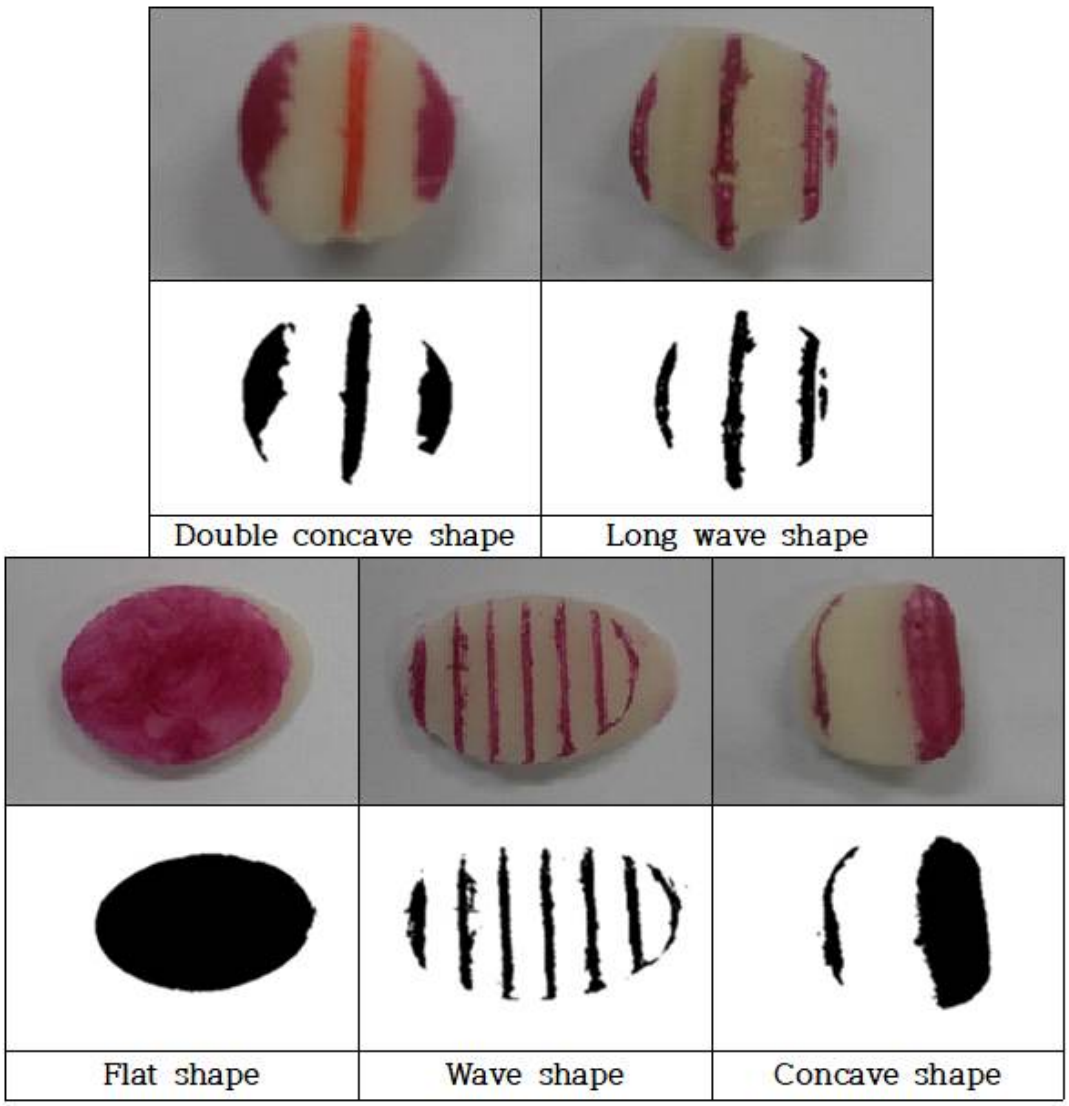
<Table 24. 다양한 모양의 떡국 떡의 전체 표면적>

Shape	Total surface area (cm^2)
Flat (일반떡국 떡)	18.02 ± 0.58^{b}
Wave (물결무늬 떡)	21.39 ± 1.73^{a}
Concave	15.26 ± 1.53^{c}
Double concave	14.34 ± 1.16^{c}
Long wave	15.56 ± 1.53^{c}

- 다양한 형태로 제조한 떡국 떡의 전체 표면적을 측정하였음.

- 그 결과, 물결무늬 모양인 'Wave' 형태의 떡국 떡의 전체 표면적이 가장 넓게 측정되었음.

③ 떡국 떡의 접촉 표면적 측정



<Figure 32. 다양한 형태의 떡국 떡의 접촉 표면적 측정방법>

- 다양한 형태로 제조한 떡국 떡의 접촉 표면적을 image analysis를 통해 Figure 32. 와 같이 측정하였음.

- 떡국 떡의 전체 표면적이 아닌 접촉 표면적만을 도출하기 위해 위와 같은 방법을 이용하여 측정하였음.

<Table 25. 다양한 형태의 떡국 떡의 접촉 표면적 측정 결과>

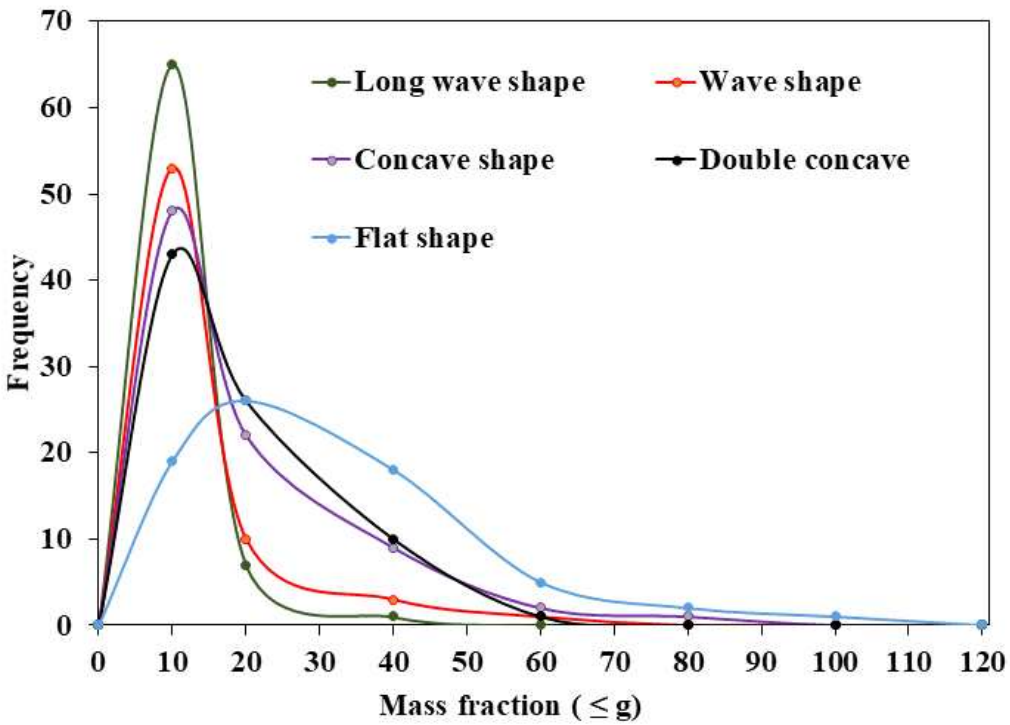
Sample	Surface area in contact (cm^2)
Flat	14.62 ± 1.05[a]
Wave	5.96 ± 0.89[b]
Concave	5.81 ± 0.75[b]
Double concave	5.34 ± 0.92[b]
Long wave	3.79 ± 0.64[c]

- image analysis를 통해 Figure 32. 와 같이 측정한 결과에 대한 값을 도출하였음.

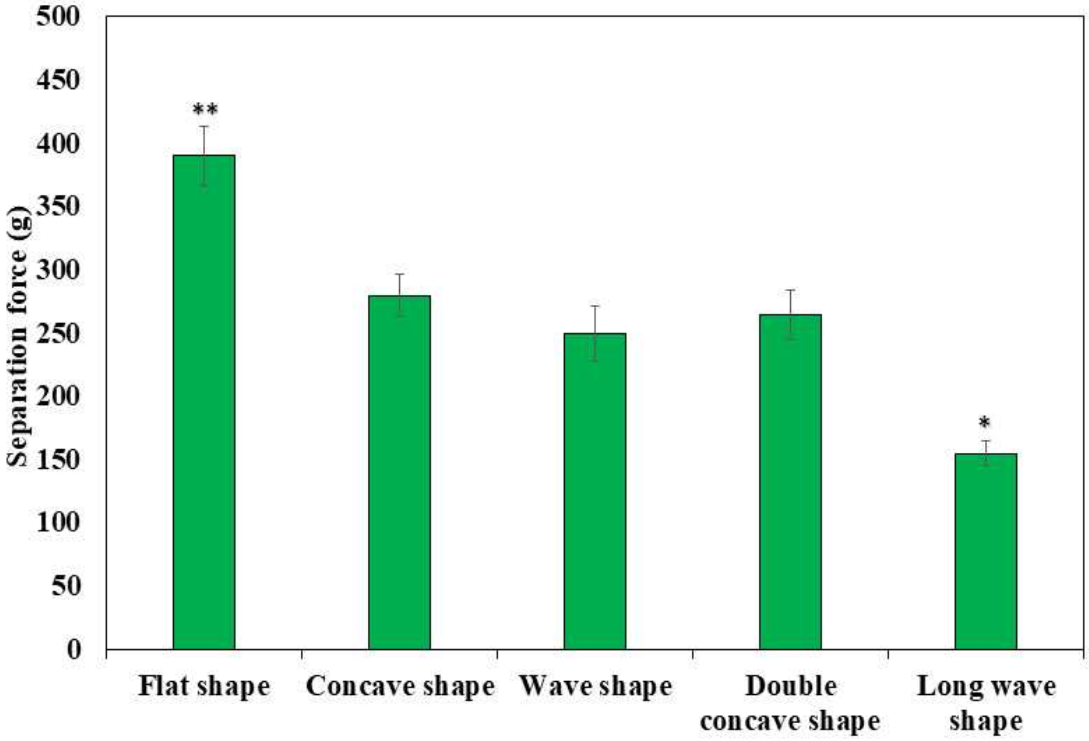
- 그 결과에서 Table 25.에서 볼 수 있는 바와 같이, 접촉 표면적은 일반 떡국 떡(flat)의 경우에서 가장 높았고, 롱 웨이브 떡국 떡에서 가장 낮은 것을 확인하였음.

- 또한, 웨이브, 콘케이브, 이중 콘케이브 모양 떡국 떡 간에는 유의적인 차이가 없는 것을 확인하였음.

(나) 떡국 떡 및 떡국 떡과 포장재 간의 결착력



<Figure 33. 다양한 형태의 떡국 떡 간의 결착력>



<Figure 34. 다양한 형태의 떡국 떡과 포장재 간의 결착력>

- 다양한 모양의 떡국 떡의 질량분율을 측정하고 그 결과를 Figure 33. 에 나타내었음.

- 롱 웨이브 형태의 경우 포장재 내에 존재하는 떡 덩어리의 무게별 분포도 중, 무게가 낮은 경우의 분포도가 가장 많은 경우인 것을 확인하였음.

- 따라서, 롱 웨이브 형태의 경우가 떡과 떡끼리의 결착 정도가 상대적으로 낮은 것으로 판단할 수 있음.

- Figure 34. 를 통해 다양한 모양의 떡국 떡과 포장재의 결착력을 확인하였을 때, 롱 웨이브 형태의 떡국 떡이 포장재와의 결착력 또한 가장 낮은 것을 확인할 수 있었음.

- 상기 Figure 33. 및 Figure 34. 의 결과를 통해 롱 웨이브 형태의 떡국 떡이 응집력, 결착력 등의 값이 가장 낮았고, 그 뒤를 이어 웨이브 형태가 가장 낮은 것을 확인할 수 있었음.

(다) 접촉면적 값의 표준화

- 아래 공식을 이용하여 떡국 떡의 접촉면적을 전체 표면적으로 나누어 떡이 달라붙지 않도록 하는 최적의 표면적을 결정하기 위해 표준화 값을 계산하고, 허용비율을 도출하였음.

$$\frac{Surface\ area\ in\ contact}{Total\ surface\ area} = Ratio(비율)$$

<Table 26. 다양한 모양의 떡국 떡의 허용비율 도출 결과>

Sample	Ratio
Flat	0.81
Wave	0.28
Concave	0.38
Double concave	0.37
Long wave	0.24

- 그 결과, 모든 모양의 떡에 대해 접촉면적과 전체 표면적을 나누어준 비율과 응집력을 고려하여 계산한 비율 값이 0.28 이하일 경우 응집력과 결착력이 감소하고, 살균 이후에도 응집력은 일반 떡국 떡에 비해 현저히 감소할 수 있다고 판단하였음.

관인생략

출원번호통지서

출원일자	2020.08.27
특기사항	심사청구(무) 공개신청(무)
출원번호	10-2020-0108237 (접수번호 1-1-2020-0902202-12) (DAS접근코드A115)
출원인 명칭	강원대학교산학협력단(2-2004-008857-1)
대리인 성명	위병갑(9-2004-000155-3)
발명자 성명	윤원병 김형주 오인로예 티밀리힌 마틴스
발명의 명칭	접촉 면적을 감소시킨 떡국떡의 제조방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8.기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

- 위의 연구내용 중 ‘접촉 면적을 감소시킨 떡국떡의 제조방법’의 연구결과를 통해 ‘접촉 면적을 감소시킨 떡국떡의 제조방법’으로 특허출원.

◆ 표면코팅 기술 연구

● **배경**

- 압출떡의 산미료 침지를 통한 떡 표면의 pH 조절

- 떡의 산미료 침지 시 품질 변화를 최소화하면서 미생물 저감에 효과적인 산미료의 적정 농도 및 pH확립

- 산미 및 산취의 적정 정도를 관능검사로 확인

- Peleg model 등을 이용하여 산미료의 농도와 시간에 따른 pH조절

- 표면코팅에 사용된 산미료의 국산소재화 필요(현재 일본 고유기술을 바탕으로 한 제품을 중국에서 생산하여 국내에 유통되고 있음. 예, Power Dip(일본기술로 개발, 중국에서 제조)

- 본 연구에서는 1차년도 연구결과에서 산미료의 효과를 검증하였으며, 이를 바탕으로 2차년도 수행하는 실험의 일부를 국내 제조사가 개발하는 산미료의 효과를 검증하는 실험을 병행하여 진행하였음

● **연구개발 목적**

- 압출 떡의 유통기한 연장을 위한 산미료 침지를 통한 pH 조절 및 해당 기술의 연구

● **연구개발 내용**:

- ㈜신양식품의 최적공정을 통하여 생산된 떡볶이 떡(pH 4,0과 가열살균 처리제품)의 기호도를 확인하기 위하여 전문패널과 학생 등 다양한 연령층의 일반인을 대상으로 관능평가를 진행하였음.

- 본 연구는 기존의 산침지-가열공정의 효과를 극대화하기 위하여 미분의 혼합과정에 산미료를 배합하는 산배합 후 산침지 복합공정을 개발함.

- 산배합 후 침지 공정을 통하여 pH가 조절된 떡볶이 떡의 품질과 미생물 안전성 평가를 수행함.

- 외국(일본)의 기술로 개발된 산미료인 Power Dip 뿐만 아니라, 국내 회사가 개발한 산미료를 이용 하여 일부 실험을 병행하였으며 현장의 생산공정을 조절 시 유사한 효과를 얻을 수 있음을 확인함.

- 산미료를 이용하여 감소시킨 pH가 떡의 초기균에 미치는 영향을 확인하였음.

(1) 표면코팅효과의 극대화를 위한 산미료 배합 후 침지공정 도출

(가) pH 4.0으로 조절된 떡볶이 떡의 관능검사

- 본 연구에서 상온 장기 유통이 가능한 떡볶이 떡 제조공정으로서 '혼합-증숙 복합공정 → 산침지 공정 → 살균 공정'을 통하여 생산된 떡볶이 떡 (150g/개 당)을 ㈜신양식품에서 생산하였으며 떡볶이 떡의 pH는 4.0대로 조절되었음.

- ㈜신양식품의 상온 장기 유통이 가능한 떡볶이 떡을 이용하여 양념 조리한 것을 대조군으로서 'A'로 하였으며, 방앗간이나 마트에서 시판되고 있는 당일 제조한 떡볶이 떡을 'A'와 동일한 방법으로 양념 조리한 것을 'B'로 하였으며, 방앗간이나 마트에서 시판되고 있는 당일 제조한 떡볶이를 ㈜신양식품과 동일한 살균 조건인 F_{95} = 6분으로 살균한 후 'A'와 동일한 양념 조리를 한 떡볶이 떡을 'C'라고 하였음.

- 전문패널로서는 강원도 춘천시 일대의 떡볶이 떡 가게 점원들을 대상으로 진행하였으며, 다양한 연령대의 일반인을 대상으로 한 조사는 강원대학교 중앙도서관 맞은편에서 CLT 형식으로 진행을 하였음.

- 관능검사는 상온 장기유통 떡볶이 떡 개발에 대한 설명을 진행한 후 실험군 A, B, C에 대한 전체적인 기호도에 대하여 7점 척도법으로 진행하였음.

(나) 산배합 된 떡볶이 떡의 표면 코팅

- 산배합 이전에 산침지에 따른 떡의 pH 변화 정도를 확인하기 위하여 유기산 기반의 Power Dip과 인산염 기반의 산미료 Sporix(SPRX, SeodoBNI, Ansan, Korea)미료)를 이용하여 산미료 농도 조절에 따른 떡의 pH 변화를 확인하였음.

- 산미료를 배합한 떡볶이 떡을 각 산미료의 농도를 조절한 산미료에 침지액에 침지시켜 떡볶이 떡 표면 코팅을 하여 떡의 pH 변화를 확인하였음.

- 떡볶이 떡의 제조는 강원대학교에서 다음과 같은 방법으로 진행하였음.

① 건식미분을 이용한 떡볶이 떡의 제조

- 멥살로 이루어진 떡용 건식 미분(Nongshim Flour Mills Co., Chungnam, Korea)을 구매하여 4℃에서 보관하면서 떡볶이 떡의 제조에 사용하였음.

- 산배합을 하지 않은 떡볶이 떡은 2kg 제조를 기준으로 미분을 1500g, 정제수 690g, 소금 15g을 넣어 제조하였음.

- 산배합을 한 떡볶이 떡은 2kg 제조를 기준으로 정제수 675g, P.D. 산미료 15g을 넣었으며 다른 재료들의 함량은 위의 산배합을 하지 않은 떡볶이 떡 제조 구성과 같음.

- 미분과 정제수, 소금을 혼합한 후 믹서를 이용하여 15분간 내용물을 혼합함.

- 혼합한 내용물을 100℃에서 40분간 증숙한 후 떡볶이 떡 압출기를 이용하여 직경 20mm인 실린더형 떡 모양으로 성형하여 30mm 길이로 절단하였음.

- 제조한 떡은 1h 동안 상온에서 25℃에 도달할 때까지 방냉한 후 실험에 이용하였으며, 방냉 시간 동안 건조가 발생하지 않도록 폴리에틸렌 백 내에 보관하였음.

② (쌀 이용)떡볶이 떡의 제조

- 산배합을 하지 않은 떡볶이 떡은 1kg 제조를 기준으로 침지 후 분쇄된 쌀을 750g, 정제수 107.5g, 소금 7.5g을 넣어 제조하였음.

- 산배합을 한 떡볶이 떡은 1kg 제조를 기준으로 정제수 100g, P.D. 산미료 7.5g을 넣었으며 다른 재료들의 함량은 위의 쌀을 이용하여 산배합을 하지 않은 떡볶이 떡 제조 구성과 같음.

- 이하 떡볶이 떡 제조 방법은 ① (쌀가루 이용)떡볶이 떡의 제조 방법과 동일함.

■ 산배합 하지 않은 떡: Control 떡의 침지 특성 확인

- P.D. 산미료 원액의 pH는 pH 2.36 ~ 2.38 이었으며 원액을 기준으로 3%, 5%, 7%로 농도를 조절하여 0~3600초 시간에 따른 떡의 pH 변화를 확인하였음

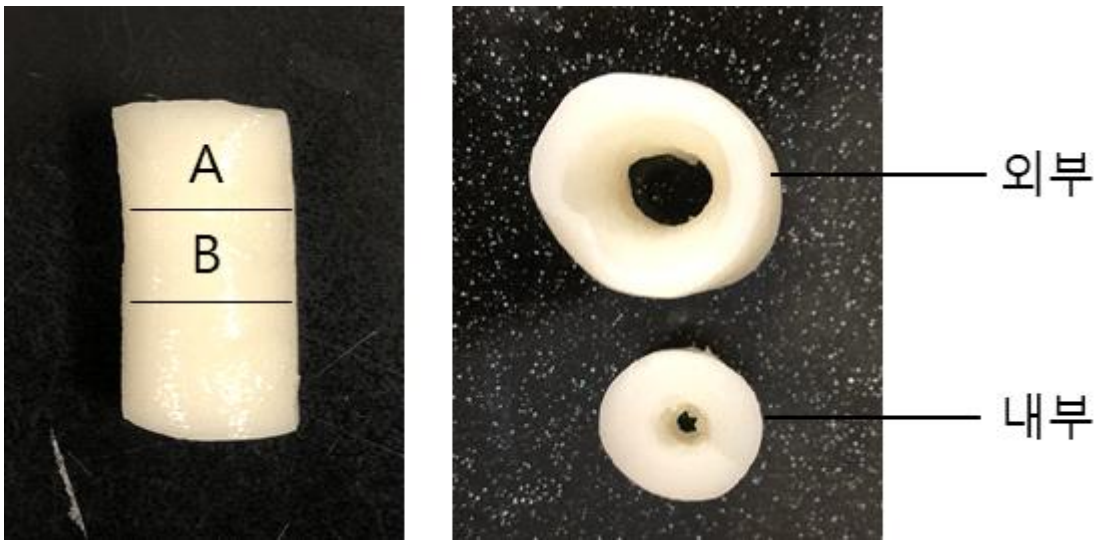
<Table 27. Power Dip 산미료 농도 조절에 따른 pH>

3%	2.80 (±0.13)
5%	2.76 (±0.07)
7%	2.74 (±0.04)

- SPRX는 분말상의 산미료이므로 P.D. 의 원액과 동일한 pH를 제조하였을 때 0.2%로 pH 2.36 ~ 2.37 이었으며, SPRX 0.2%를 기준으로 Power Dip과 동일한 pH를 갖는 농도로 조절하여 액상으로 실험에 사용하였음.

- 또한 SPRX 분말을 0.2% 원액을 기준으로 한 것이 아닌 분말을 기준으로 용액 대비 3%, 5%, 7% 로 제조하여 사용하였음. (분말기준 분말 3, 5, 7%는 각 pH 1.43, 1.28, 1.21을 갖는 매우 낮은 pH를 지님)

- 떡볶이 떡의 pH 측정을 위하여 떡을 두께에 따라 분리하여 pH의 변화를 측정하였음. 떡볶이 떡은 제조사마다 다르나 2cm의 떡을 기준으로 할 시, 떡의 외부 두께의 비율은 0.25이었으며, 내부 떡의 비율은 0.85이었음 (본 연구에서 사용된 떡은 1, 1.5, 2, 3cm 두께의 떡을 두께에 따른 산미료의 확산효과를 검증하고자 사용함)



<Figure 35. 산침지에 따른 산의 확산을 확인하기 위하여 절단한 떡의 모형>

■ 산배합 한 떡: 미분을 이용하여 산배합 후 제조한 떡볶이 떡의 코팅 특성

- 유기산 기반의 산미료(P.D.) 원액을 미분대비 1% 첨가하여 제조한 떡볶이 떡은 pH 4.2~4.3 임.

- pH 4.2~4.3으로 조절된 떡볶이 떡을 SPRX 산미료에 침지하여 표면코팅을 진행하였음.

- SPRX 산미료 농도는 SPRX 분말 기준으로 3%, 7%로 조절된 용액에 0~120초 침지시간에 따른 떡 전체의 pH를 확인하였음.

(2) 초기 균수 억제를 위한 적합 주정 분무량 도출

- 목적: 알코올 분무량에 의해 떡의 특성 및 냄새가 변하지 않으면서 초기 균수 억제에 유의한 적합 분무량 도출

- 초기 균수를 억제하기 위한 방법으로 주정 분무를 시행하고자 함.

- 하지만 주정 분무의 경우, 분무량이 많을 시 떡에서 알코올 냄새가 나거나 떡의 특성 변화를 유발할 수 있어 확인이 필요함.

- 따라서 초기 균수 억제에 대해 유의적인 효과를 가지면서, 품질적 특성은 유지하는 주정 분무량을 도출하고자 함.

- 주정분무 떡에서 발생하는 이취(off-order)를 정량화하기 위해 아두이노 알코올 센서 모듈(MQ-3, SMG, Gwangju, S, Korea)을 이용하여 측정하였음.

● **연구결과**

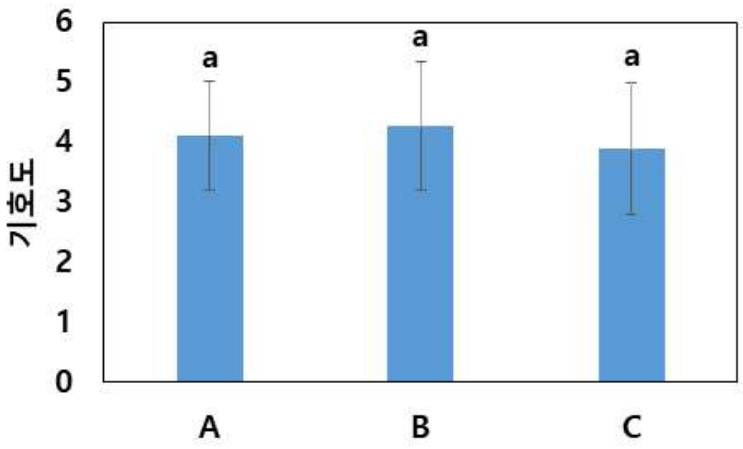
(1) 표면코팅효과의 극대화를 위한 산미료 배합 및 침지공정 도출

(가) pH 4.0으로 조절된 떡볶이 떡의 관능검사

- 150g 단량의 떡볶이 떡을 ㈜신양식품에서 제조한 떡(A), 방앗간 및 마트에서 시판되고 있는 떡(B), 방앗간 및 마트에서 시판되는 떡을 ㈜신양식품과 동일한 살균조건으로 살균한 떡(C)에 대하여 관능검사를 진행하였음.

- 7점척도법으로 전체적인 기호도를 비교하였을 때 A 샘플은 4.11 ± 0.91 점, B 샘플은 4.27 ± 1.06 점, C 샘플은 3.89 ± 1.09 점으로 3가지 샘플군 모두 유의미한 차이가 나지 않았음.

- ㈜신양식품에 제조한 pH 4.0 떡의 경우 살균 후 양념했을 시 시판되고 있는 양념 된 떡과 기호도 차이가 나지 않는 것으로 보아 소비자 기호도를 만족하는 것을 확인하였음.



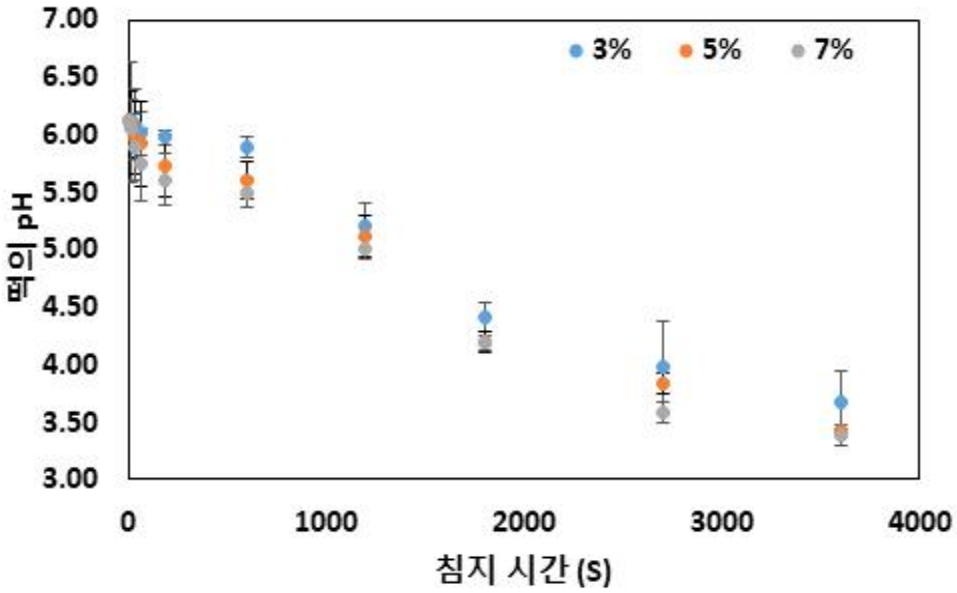
<Figure 36. 150g 단량 떡볶이 떡의 전체적인 기호도 평가>

(나) 산배합 된 떡볶이 떡의 표면 코팅

- 떡볶이 떡은 산미료를 혼합하지 않은 시료와 산미료를 혼합공정에 투입하여 pH를 4.1로 조절한 두 시료를 사용하여 산코팅의 효과를 평가하였음.

- 유기산기반의 산미료(P.D.) 원액의 농도를 3%, 5%, 7%로 조절하여 시간에 따른 떡의 외부 및 내부 pH 결과는 Figure 37, Figure 38.와 같음.

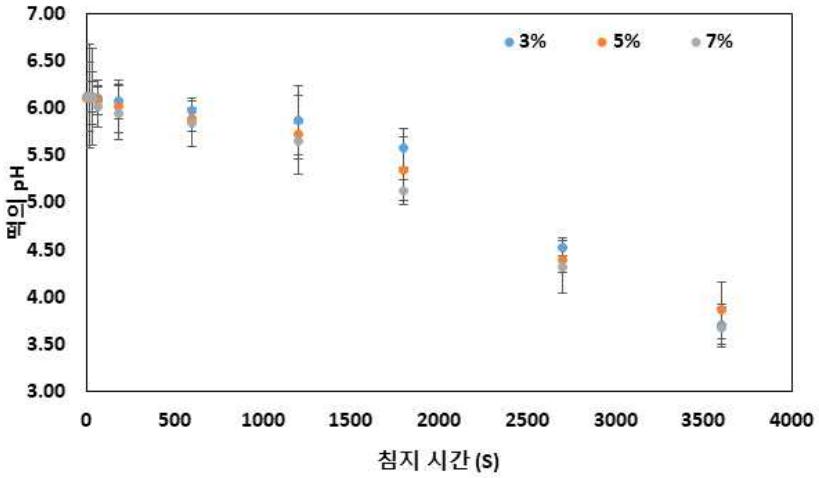
- 표면 코팅에 사용된 떡볶이 떡은 3cm 크기의 떡을 사용하였음.



<Figure 37. 유기산 기반의 산미료 (P.D.)의 농도에 따른 떡볶이 떡의 외부 pH 변화>

- 떡의 초기 pH 는 pH 6.12 이었으며 15초 침지 후 3%, 5%, 7% 산미료 농도에 따라 떡의 pH가 각각 pH 5.35, pH 4.87, pH 4.36으로 유의미하게 감소하였으며, 침지시간이 증가하여 3,600 초 침지 후에는 산미료 농도가 증가함에 따라 떡의 pH가 각각 pH 3.67, pH 3.43, pH 3.39로 유의미하게 감소하는 것을 확인하였음.

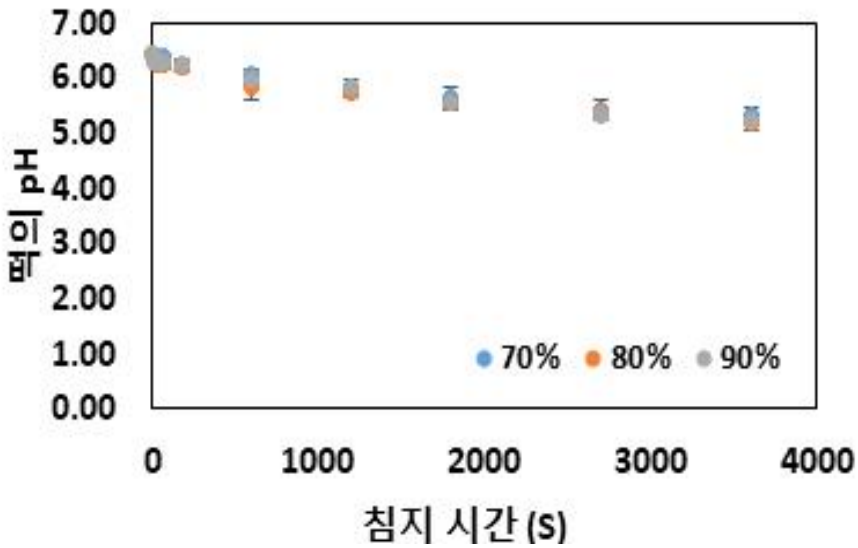
- 떡볶이 떡의 pH가 4.0~4.2로 조절하기 위해서는 3% 산미료 용액 사용 시 1200초 이내, 5%와 7% 산미료 용액 사용 시 180초 이내 침지로 떡의 pH가 조절되는 것을 확인하였음.



<Figure 38. 유기산 기반의 산미료 (P.D.)의 농도에 따른 떡볶이 떡의 내부 pH 변화>

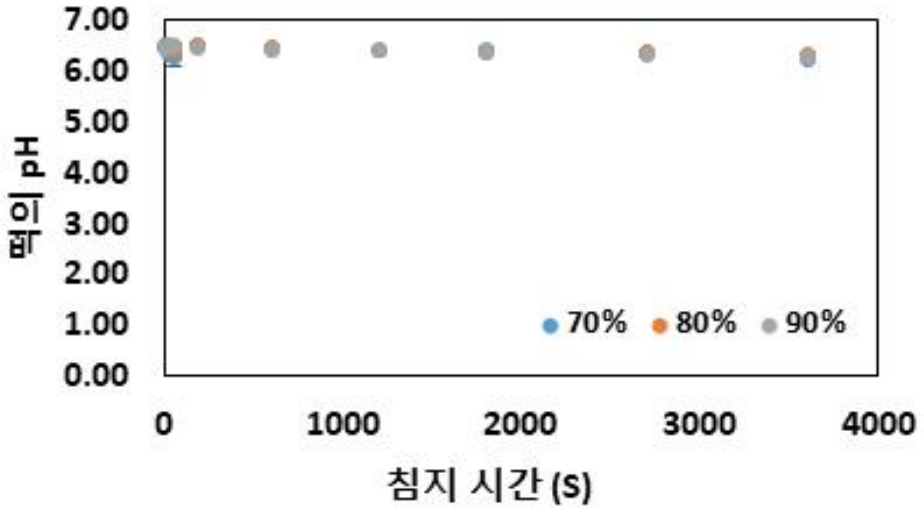
- 산미료 P.D.의 농도가 3%, 5%, 7%일 때 3,600 초 침지 후 떡볶이 떡의 내부 pH는 각각 pH 4.81, pH 4.35, pH 4.32로 외부 떡의 pH 보다 농도별로 각각 1.14, 0.92, 0.93 높았으며, 이는 산미료 침지 시 떡의 내부보다는 외부에 더 많은 살균효과를 얻을 수 있는 것을 확인함.

- 유기산 기반의 산미료 P.D.의 원액 pH와 동일한 pH범위를 갖는 인산염기반의 SPRX 희석액 (0.20 w/v%)을 이용하여 P.D.의 농도인 3%, 5%, 7%와 동일한 pH를 갖는 SPRX 70%, 80%, 90% 산미료 용액에 떡을 침지한 결과는 Figure 39, Figure 40.에 나타내었음.



<Figure 39. SPRX 0.20 w/w% 산미료의 농도에 따른 떡볶이 떡의 외부 pH 변화>

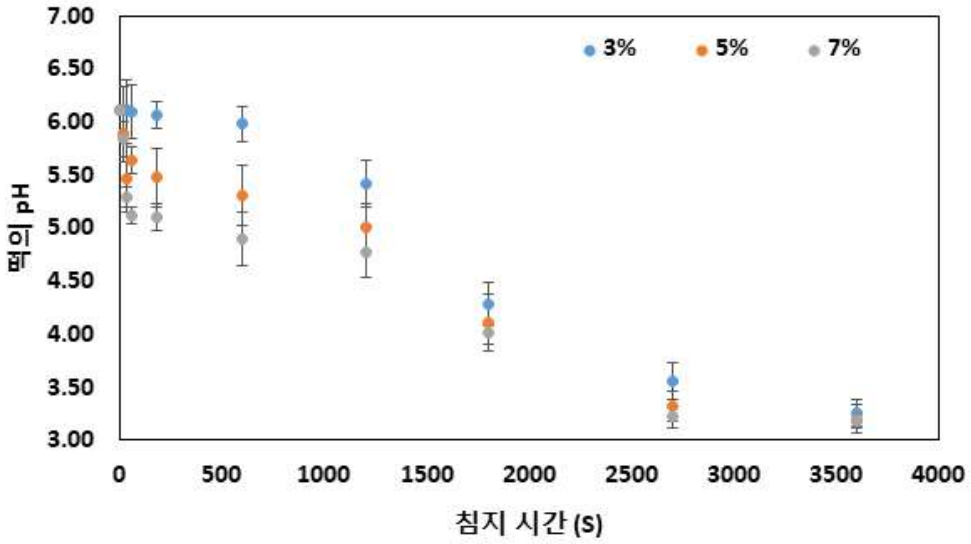
- 떡의 초기 pH는 pH 6.44 이었으며 침지시간이 증가하여 3,600 초 침지 후에는 산미료 농도가 70%, 80%, 90%로 증가함에 따라 떡의 pH가 각각 pH 5.33, pH 5.20, pH 5.23으로 감소하는 것을 확인하였으나 pH가 동일한 P.D 3%, 5%, 7% 용액과 비교 시 떡의 pH가 감소하는 속도가 느린 것을 확인하였음.



<Figure 40. SPRX 0.20 w/w% 산미료의 농도에 따른 떡볶이 떡의 내부 pH 변화>

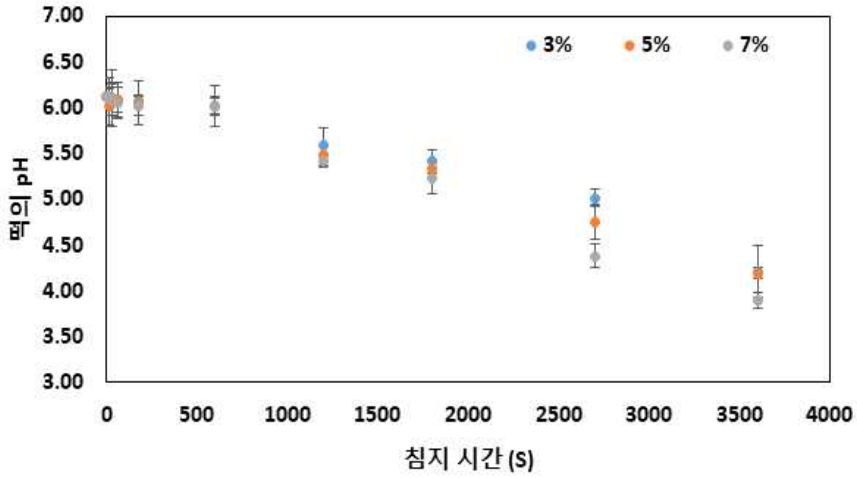
- 떡의 내부 초기 pH 는 6.46~6.49 이었으며, 3600 초 침지 후 SPRX 0.20 w/w%의 산미료 농도가 70%, 80%, 90% 일 때 각각 pH 6.24, pH6.30, pH 6.26으로 유의미하게 감소하였으나 pH 감소폭이 매우 적어 떡볶이 떡의 pH가 1이상 변화하지 않는 것을 확인하였음.

- SPRX 분말을 직접사용하여 용액 대비 3 w/v%, 5 w/v%, 7 w/v%로 제조하였을 때, 침지액의 pH는 각각 1.52~1.54, 1.42~1.43, 1.31~1.32로 P.D. 용액 원액보다 pH가 낮은 것을 확인하였음



<Figure 41. SPRX 분말 농도에 따른 떡볶이 떡의 외부 pH 변화>

- 떡볶이 떡의 초기 pH는 6.12 이었으며 3600초 침지 후에는 침지 용액의 농도가 증가함에 따라 떡의 외부 pH가 각각 pH 3.26, pH 2.91, pH 2.69로 감소하였으며, 이는 P.D. 3%, 5%, 7% 보다 더 높은 pH 감소 효과를 나타내었음



<Figure 42. SPRX 분말 농도에 따른 떡볶이 떡의 내부 pH 변화>

- 떡볶이 떡의 내부 초기 pH는 6.12~6.31 이었으며 3600초 침지 이후에는 농도가 증가함에 따라 떡의 pH가 감소하여 각각 pH 5.64, pH 5.42, pH 4.98 이었으나, 이는 P.D.의 산미료 3%, 5%, 7% 보다 pH 감소효과가 적은 것을 확인하였음.

- SPRX 산미료를 용액대비 분말로 사용할 경우 P.D.의 산미료 3%, 5%, 7% 와 비교하여 떡의 외부는 동일한 시간 대비 빠른 pH 감소 효과를 보였으나 내부는 다소 느린 pH 감소효과를 나타내었으며, 이를 통하여 SPRX 용액대비 분말로 사용 시 떡볶이 떡의 표면 살균에 P.D. 보다 더 높은 효과가 있는 것을 확인하였음.

□ 산배합 한 떡: 쌀을 수침 후 분쇄한 쌀가루를 이용하여 제조한 떡볶이 떡

- 쌀을 이용하여 떡볶이 떡을 제조 시 P.D. 산미료를 분쇄된 쌀을 기준으로 1% 첨가 하였을 때 떡의 pH 및 미생물 변화는 다음과 같음.

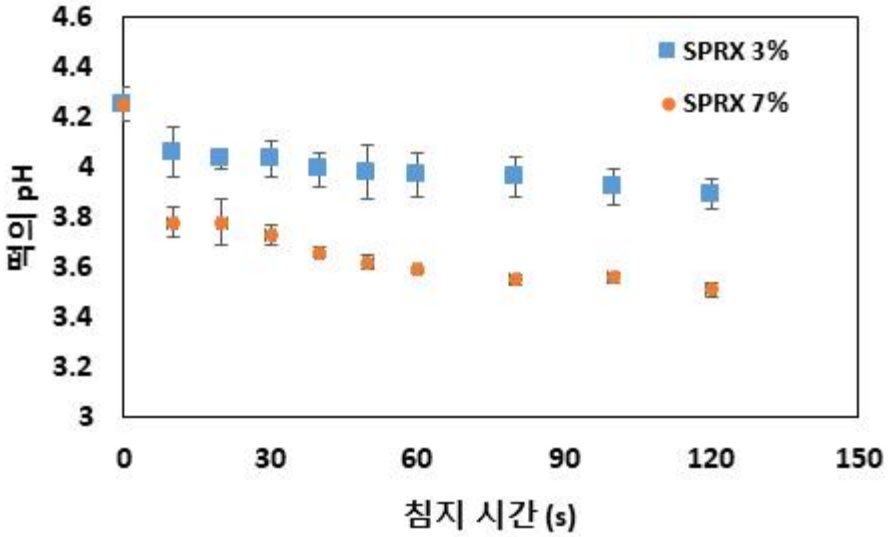
<Table 28. 분쇄된 쌀을 기준으로 1% P.D. 첨가 시 떡의 pH 및 미생물 변화>

	대조군	산배합
떡의 pH	6.31 ± 0.10	4.27 ± 0.03
떡의 미생물 오염정도 (log CFU/g)	5.40 ± 0.06	4.30 ± 0.05

- 산배합 시 떡의 pH 감소 및 미생물 오염정도가 감소하여 pH 4.27 떡이 되었을 때 미생물 오염 정도는 control에 비하여 1 log CFU/g 이 감소하는 것을 확인하였음.
- 쌀을 분쇄함에 따라 표면적이 증가하여 미생물 오염이 될 가능성이 증가하였으나 산배합을 통하여 최종 떡의 pH가 감소하였음.
- 따라서, 떡볶이 떡 배합 시 산미료 배합을 통하여 초기 미생물을 감균하여 최종 떡의 미생물이 감소되는 것을 확인하였음.

□ 산배합 한 떡: 미분을 이용하여 제조한 떡볶이 떡의 코팅 특성

- 산배합 후 pH 4.2 ± 0.10으로 조절된 떡볶이 떡을 SPRX 분말을 기준으로 3%, 7% 용액에 침지를 통하여 코팅하였을 때 침지시간에 따른 떡볶이 떡의 pH 변화는 다음과 같음.



<Figure 43. 미분을 이용하여 산배합 한 떡의 표면코팅 시간에 따른 떡의 pH 변화>

- ㈜신양식품의 산침지 공정 시간이 2분 내외인 것을 고려하였을 때 pH 4.15~4.25인 떡볶이 떡이 3% 산미료 용액을 사용하여 40초 코팅 시 떡의 pH가 4.0이하에 도달하며, 7% 산미료 용액 사용하여 10초 코팅 시 떡의 pH가 3.78 ± 0.09에 도달하는 것을 확인하였음.

(다) 산미료의 점도 실험

- 같은 pH에서 다른 종류의 산미료는 떡의 pH가 4.0에 도달하는데 필요한 산침지시간 측면에서 다른 침투력이 확인되었음.

- 인산염기반의 산미료인 SPRX는 분말상이므로 매우 낮은 pH의 침지용액을 만들 수 있으며 또한 혼합시 표면 살균력을 높일 수 있는 장점이 있으나, 산침지 매우 저조한 pH감소를 보였으며 이는 점도와 관련이 있다고 판단됨.

- 침지 시간은 산미료의 농도와 점도에 영향을 받으므로 사용된 산미료의 침투능력을 비교하기 위해, 산미료의 점도를 확인하였음.

▪ **목적**

- 사용된 산미료(SPRX, P.D., SDP)의 점도 확인.

▪ **실험설정**

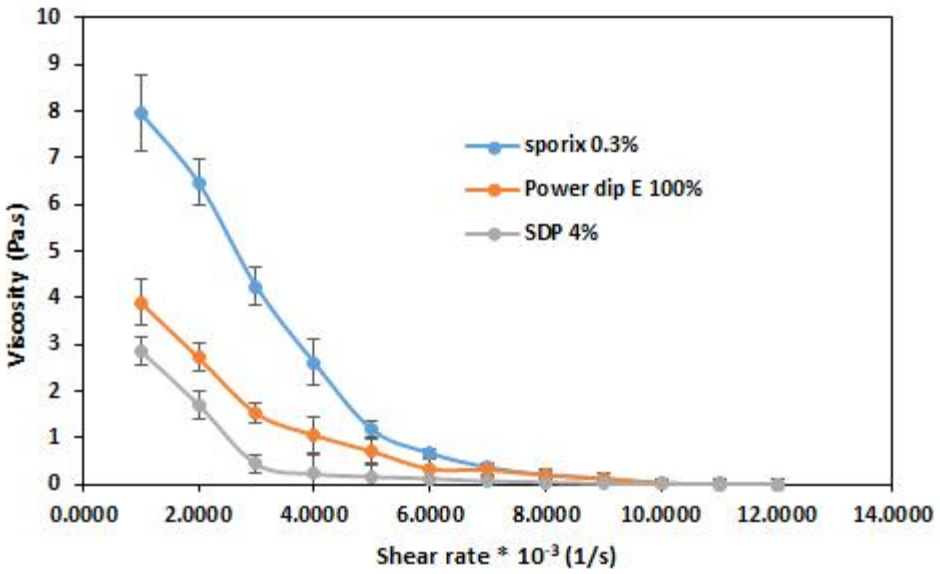
- 스포릭스는 분말형태로 사용이 가능하므로 적절한 농도의 용액으로 바꾸어야 한다. 초기 pH는 2.37을 표준으로 사용하였고, 100% P.D.는 pH 2.37, 1% SPRX는 pH 1.89, 100% SDP는 1.57pH를 사용하였음.

- 또한, 다음과 같이 모든 산미료에 대해 pH 2.37의 값을 얻기 위한 농도를 측정하였다.

<Table 29. pH 2.37 값에 도달하기 위한 산미료별 농도>

Power Dip		SPRX		SDP	
농도 (%)	pH	농도(%)	pH	농도(%)	pH
100	2.37 ± 0.01	3	1.81 ± 0.02	100	1.58 ± 0.01
95	2.42 ± 0.02	2	1.83 ± 0.04	80	1.73 ± 0.01
80	2.48 ± 0.01	1	1.89 ± 0.01	60	1.85 ± 0.02
60	2.55 ± 0.01	0.5	2.17 ± 0.01	40	1.98 ± 0.02
40	2.62 ± 0.03	0.3	2.37 ± 0.01	30	2.02 ± 0.01
				20	2.11 ± 0.02
				10	2.25 ± 0.03
				5	2.45 ± 0.01
				4	2.48 ± 0.02
				3	2.51 ± 0.01

- 산미료의 농도 및 pH의 측정 결과를 통해, pH값이 2.37과 유사하게 도달하기 위해서는 각 100%의 P.D. 0.3% SPRX, 4% SDP 농도값을 도출하였음.



<Figure 44. 산미료의 점도>

- 점도 분석 결과 유사한 pH 범위에서 SPRX 0.3%의 점도가 가장 높았고, P.D. (100%)와 SDP (4%)가 그 뒤를 이었음.

- 이 분석을 통해 산미료의 점도는 떡에 산이 침투되는 정도에 영향을 미친다는 것이 확인되었다. 이는 P.D.와 SDP를 사용할 때 짧은 침지 시간 내에 낮은 pH 값을 얻을 수 있다는 것을 의미한다. 또한, SPRX 를 사용할 때에 내부의 pH를 낮추기 위해서는 높은 점도로 인해 긴 침지 시간이 요구됨을 의미함.

- 모든 산미료에 전단속도를 적용할 때 전단속도가 증가할수록 점도가 감소하는 shear-thinning이 관찰된다. 따라서 전단속도의 증가와 함께 점도가 감소하면, 산이 떡에 침투하는 속도에 영향을 미칠 수 있음.

(2) SPRX 와 P.D.를 이용한 산 침지 실험 및 미생물 분석

▪ **목적**

- 산미료는 미생물 환경의 pH를 낮추므로 떡에서 발생하는 미생물 오염을 줄이는 데 효과적임 .

- 떡에서 발견되는 대표적인 미생물인 *Bacillus cereas* 는 중성인 pH 범위(6-9 pH)에서 가장 잘 생존한다. 본 연구에서 사용된 산미료는 투과정도가 다르기 때문에, 사용한 각각의 산미료에 따른 미생물 감균 정도를 평가해야 함.

- 마찬가지로 압출 공정보다 냉각단계에서 미생물 오염도가 높은 것처럼 떡 생산 시 미생물 오염 정도는 생산단계에 따라 다르므로, 효과적인 미생물의 불활성화를 위해 각 단계마다 미생물 오염도를 측정할 필요가 있음.

▪ **실험설정**

- 떡 생산 후 산 침지 시간을 줄이기 위해서는 떡이 pH 4.0에 도달하도록 P.D.의 초기농도를 줄이는 것이 필요하다. 또한, 떡의 배합과에서 산미료가 첨가되어야 함.

- 모든 생산 공정 (배합, 증숙, 압출, 냉각단계)에서 시료를 채취하여 미생물 분석을 수행함.

- 추가적으로 산미료의 농도와 pH를 다르게 적용할 경우의 떡에서의 미생물 양을 확인함.

(가) 산 침지(SPRX 및 P.D.)

- 산 침지 시간을 줄이기 위해 침지 공정 이전, 배합공정에서 다른 농도비의 산미료를 첨가하여 초기 pH를 줄임.
- 쌀가루 배합 시 떡의 pH가 4.0에 도달하는데 필요한 P.D.의 양은 다음과 같음.

<Table 30. 쌀가루내의 산미료의 함량에 따른 pH>

750g 쌀가루 내의 P.D. (%)	pH
1	4.25 ± 0.02
1.01	4.18 ± 0.02
1.03	4.03 ± 0.03
1.07	3.87 ± 0.01

- 또한, 산 침지 시간에 따른 떡의 pH를 분석하고, 사용된 두 가지 산미료의 침투 정도를 파악하였음.
- 쌀가루 배합 공정 시 1.01% (7.6g) wt/wt의 P.D.를 사용하도록 결론지었음.
- 이후, 침지 공정 에서의 pH 농도를 결정하였음.

<Table 31. SPRX와 P.D.를 적용한 떡의 pH 분석>

	pH	10 s	20 s	30 s	60 s	90 s
Power Dip(100%)	2.37					
Power Dip(10%)	2.73	3.86 ± 0.01	3.79 ± 0.01	3.71 ± 0.01	3.48 ± 0.01	3.43 ± 0.01
Power Dip (5%)	2.89	3.91 ± 0.02	3.81 ± 0.01	3.79 ± 0.02	3.52 ± 0.02	3.47 ± 0.01
SPRX (7%)	1.32	3.84 ± 0.01	3.81 ± 0.01	3.79 ± 0.02	3.70 ± 0.01	3.66 ± 0.01
SPRX (3%)	1.53	4.03 ± 0.03	4.01 ± 0.02	3.98 ± 0.02	3.95 ± 0.01	3.94 ± 0.03

- 스포릭스는 분말 형태이기 때문에, 증류수를 이용하여 액체 상태로 만들고 희석해주었음.
- 낮은 농도 (3~7%)에서 스포릭스의 pH 값은 100% P.D.의 pH 보다 낮은 값을 보임.
- 하지만, 스포릭스 용액은 P.D.보다 더 높은 점성을 가짐에 따라 산 침지 실험 중 P.D.는 스포릭스에 비해 떡에 침투되는 정도가 더 높게 나타났음.
- 따라서, 두 산미료는 유사한 pH 값에 도달하기 위해 요구되는 동일한 침지 시간에서 서로 다른 침투력이 관찰되었음. 이는 사용된 산미료의 점성의 차이로 인해 발생한 것으로 사료됨.

<Table 32. 산미료가 혼합된 떡의 산미료와 침지시간에 따른 미생물의 감균 효과>

샘플	침지시간(s)	pH	CFU/g
Soaking in Power Dip			
Control	0	6.12	4.85 ± 0.15^{a}
Power Dip **(10%)**	10	3.86	3.54 ± 0.05^{b}
	20	3.80	3.45 ± 0.02^{c}
	30	3.72	3.41 ± 0.02^{c}
	60	3.48	No growth
	90	3.43	No growth
Power Dip **(5%)**	10	3.91	3.69 ± 0.05^{a}
	20	3.86	3.61 ± 0.05^{a}
	30	3.79	3.44 ± 0.04^{b}
	60	3.52	3.15 ± 0.08^{c}
	90	3.47	No growth
Soaking in SPRX			
Control	0	6.12	4.85 ± 0.15^{a}
SPRX (7%)	10	3.84	3.62 ± 0.07^{b}
	20	3.81	3.61 ± 0.06^{b}
	30	3.79	3.50 ± 0.04^{c}
	60	3.70	3.48 ± 0.05^{c}
	90	3.66	3.45 ± 0.01^{c}
SPRX (3%)	10	4.03	3.69 ± 0.07^{a}
	20	4.01	3.68 ± 0.03^{a}
	30	3.98	3.62 ± 0.02^{b}
	60	3.95	3.51 ± 0.06^{c}
	90	3.94	3.42 ± 0.03^{d}

- 산미료가 혼합된 떡은 초기 산미료에 의한 감균효과로 인하여 침지시간에 따라 미생물의 감균효과가 극명하게 나타남.
- 산침지가 된 떡을 P.D.에 60초간 침지할 경우 검출 결과는 N.D.임 이는 침지 이후 공정에서 교차오염을 방지할 경우 유통기한이 침지만으로도 어느정도 가능함을 나타냄.
- 평균 3.40의 pH 값을 갖는 P.D.와 SPRX에서는 미생물의 성장이 관찰되지 않음.
- 3% SPRX에 침지 시 미생물의 생장 억제 효과는 감소하고, 미생물 양의 감소도 유의미하지 않았음. (침지 시간의 조절은 관능평가와 함께 조직감에도 영향을 주며, 본 연구는 목표치 4.0으로 최적 침지시간을 도출함)
- SPRX는 pH 측정 침지 실험에서도 관찰되었던 낮은 침투력 때문에 미생물 저감 효과가 낮음.

(나) 떡의 산미료 침지 시 품질 변화를 최소화하면서 미생물 저감에 효과적인 산미료의 적정 농도 및 pH 확립

- 목적: 떡볶이 떡 제품의 특성은 그대로 유지하면서 초기 균수 억제에 우수한 산미료 및 농도 도출

① 품질변화를 최소화하는 산미료의 적정 농도

- 목적: 다양한 종류 및 농도의 산미료 용액에 떡을 침지하여 목적 pH인 4에 도달한 떡볶이 떡 샘플 중 기존의 pH 6 떡 제품과 가장 품질 특성이 유사한 산미료 종류 및 농도 확인.

- 침지 용액에 따라 목적 pH인 4에 도달 시 기존의 품질 특성과 다른 값을 나타낼 수 있으므로 용액의 종류에 따라 품질 변화가 있는지 확인할 필요가 있음.

- 침지 전과 침지 후 떡의 조직감을 조직감측정기(TA.XT plus 100C, TA.XT plus, MHK Trading Co., Bucheon, Korea)를 통해 측정하여 비교하였음.

< Table 33. 침지 전, 침지 후 떡의 조직감 비교>

	hardness (g)		
떡의 굵기	CON	SDP	Power Dip
1cm	1712.05±65.30	1463.87±133.42	1256.08±159.45
3cm	5821.75±356.40	4502.73±499.23	4122.61±427.62

- 침지전과 침지 후 떡의 조직감 측정 결과 침지 후 hardness가 감소하였으며 떡의 굵기와 상관없이 침지 전의 조직감에 가까운 용액은 SDP임을 확인하였음.

- 침지전과 침지 후 떡의 색도를 Minolta colorimeter(CR-400, Konica minolta Inc., NJ, U.S)를 통해 측정하여 비교를 진행하였음.

<Table 34. 떡의 침지 이전 색도>

	L	a	b
1cm	81.01±0.97	-0.81±0.01	11.38±0.09
3cm	81.47±0.08	0.86±0.04	11.82±0.50

<Table 35. 침지 용액에 따른 침지 이후 떡의 굵기 별 색도 및 색차>

	SDP				Power Dip			
	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
1cm	81.69±0.78	-0.75±0.05	11.45±0.25	0.69	77.15±0.26	-0.79±0.03	11.15±0.25	3.87
3cm	81.65±1.11	0.72±0.01	11.85±0.48	0.23	80.64±1.12	0.67±0.01	12.19±0.07	0.93

- 색도 측정 결과 P.D. 용액에 침지한 1cm 떡볶이 떡을 제외한 실험군들은 색차가 1 이내로, 유의미한 차이가 없음을 확인하였음.

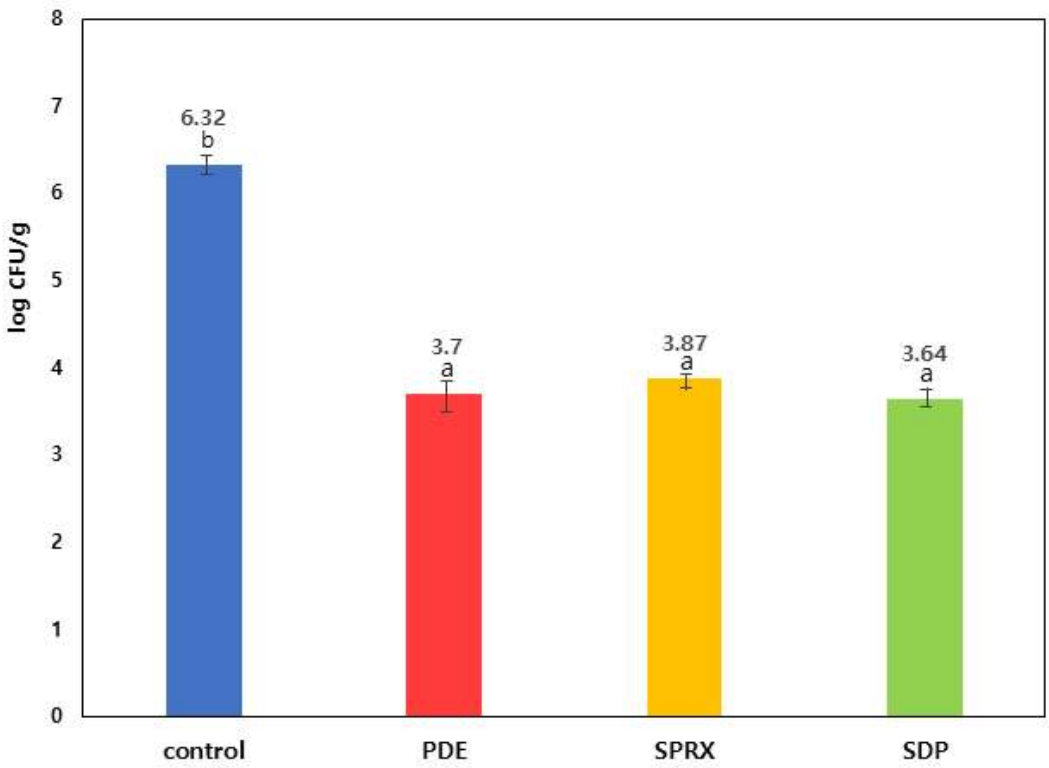
- 침지 후 1cm 떡볶이 떡을 P.D. 용액에 침지하였을 때 명도의 저하로 인한 육안으로 확인할 수 있는 색차가 있음을 확인하였음.

- 결론적으로 침지를 통하여 품질 특성의 변화를 최소화할 수 있는 산미료로 유기산과 인산염 혼합 산미료인 SDP가 권장됨.

② 미생물 저감 효과 확인

- 목적: 다양한 산미료 용액에 침지하여 목적 pH인 4에 도달한 떡볶이 떡 샘플들의 초기 균수 측정을 통해 가장 우수한 미생물 저감 효과를 가지는 산미료의 종류 및 농도 확인

- 침지 떡 샘플들은 동일하게 pH 4를 나타내지만 산미료의 특성으로 인해 미생물 저감 효과가 다를 수 있음.
- 따라서 침지를 진행한 pH 4의 떡 샘플들의 초기 균수 측정을 진행하여 사용 산미료 및 농도에 의해 유의적인 차이가 있는지, 있다면 가장 우수한 산미료 및 농도는 무엇인지 확인을 진행하였음.



<Figure 45. 산미료 별 침지 후 균수 변화>

- 실험 결과 각 산미료의 미생물 저감 효과는 유의적인 차이가 없음을 확인하였음.

(다) 압출 떡의 굵기에 따른 침지 시 표면 및 내부 pH 변화 확인

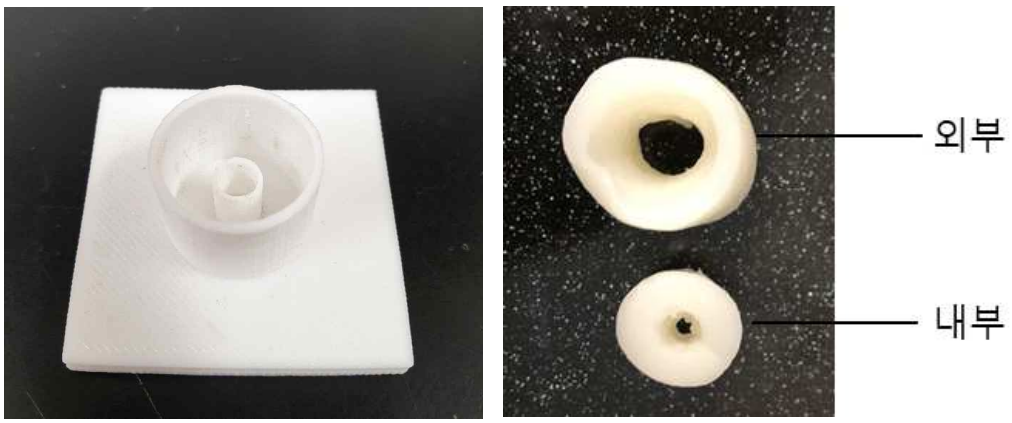
- 목적: 다양한 굵기를 가지는 압출 떡의 내부가 목표 pH에 도달하는 데 필요한 침지 시간 확립

- 떡의 표면 혹은 전체가 pH 4라고 하여 내부 또한 pH 4에 도달한 것은 아니기 때문에 떡의 내부가 pH 4에 도달하였는지 확인할 필요가 있음.

- 본 실험은 산미료간의 침투 특성을 명확하게 파악하고자 떡의 굵기를 변화하였으며, 또한 산미료간의 떡의 내외부 사이의 확산도 차이에 따른 편차 여부를 판단하기 위하여 산미료의 투과가 가장 잘 일어날 수 있는 고수분(58.5%)의 상태로 떡을 제조하여 측정하였음. (실제 떡의 수분함량은 43~48%로 현장에서 제조됨)

- 고수분에서의 떡은 떡의 찰진 조직감이 없어 산미료간의 차이를 다양한 굵기의 떡에서 관찰할 수 있으므로 유의미한 결론을 도출할 수 있음.

- 떡볶이 떡의 내부까지 pH 4로 도달하는 것을 확인하기 위해 3D printer (Creatable D3, A Team Ventures Co., Seoul, Korea)을 이용하여 출력한 떡 내·외부 분리 틀을 통해 떡의 내부를 분리 후 pH의 측정을 진행하였음.



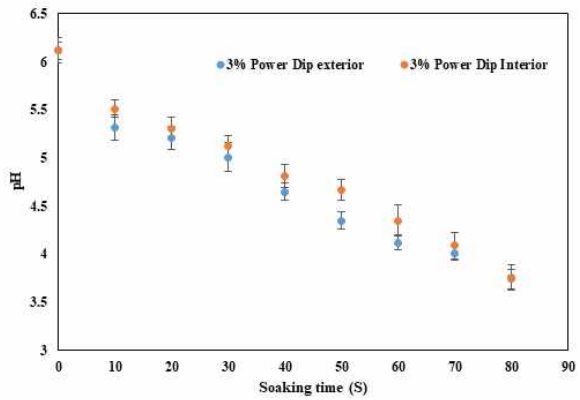
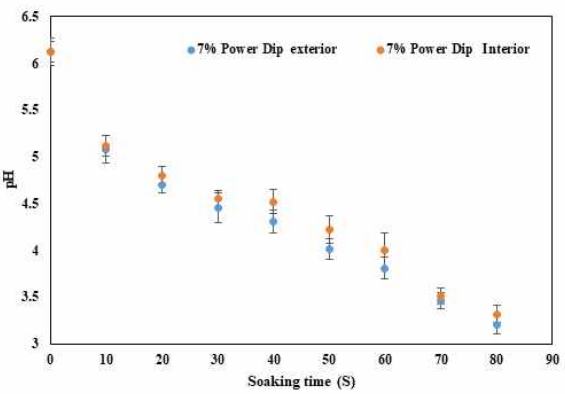
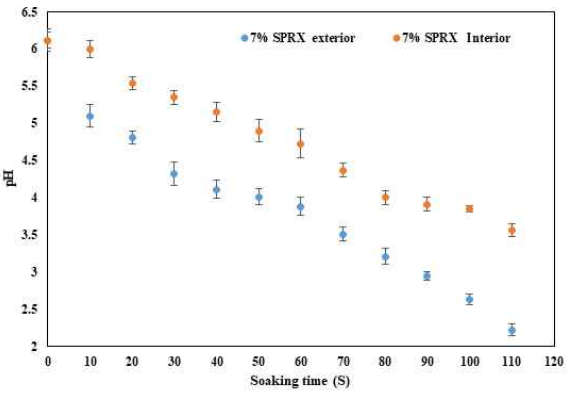
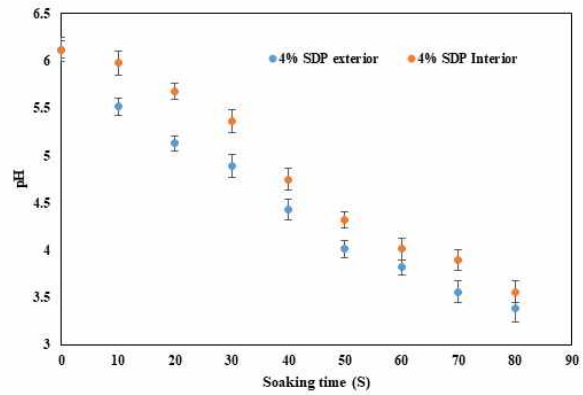
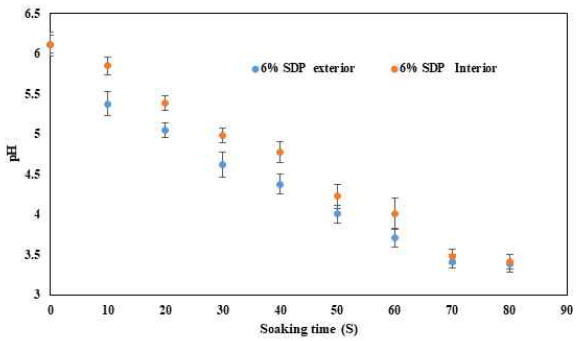
<Figure 46. 3D-Printer로 출력한 떡 내·외부 분리 틀을 통해 분리한 떡의 사진 추가>

- 굵기가 각각 1cm, 3cm이며 pH 6.22인 고수분의 떡볶이 떡을 산미료 침지 용액에 침지하여 떡의 내부가 pH 4에 도달하는데 요구되는 침지 시간을 확인하였음.

- 산미료 침지 용액으로는 3%, 7% P.D.와 3%, 7% SPRX를 사용하였음.

- 산미료 용액에 침지한 떡을 내부와 외부로 분리하여 pH를 측정한 결과 아래와 같음.

<Figure 47. 산미료에 따른 1cm 떡볶이 떡의 외부 pH 변화(A)와 내부 pH 변화(B)>

3% Power Dip 침지	7% Power Dip 침지
	
3% SPRX 침지	7% SPRX 침지
	
4% SDP 침지	6% SDP 침지
	

- 침지 도중 pH의 감소는 매우 빨리 진행되었으며 일반적인 떡에서 볼수 있는 지수적 감소의 패턴보다는 선형적 감소에 가까운 pH감소 현상을 외부와 내부 모두에서 나타내었음. 이는 상대적으로 수분이 높아 산미료의 투과가 용이한 환경으로 샘플을 제조하여 관찰된 현상으로 판단 됨.

- 확인 결과 동일한 침지 용액과 시간이 적용되었을 때, 1cm 떡볶이 떡의 외부가 내부보다 pH가 낮은 것을 확인하였으며, 내부 120초의 시간 동안 pH는 4에 도달하지 못하는 것을 확인하였음 (120초는 제조 현장의 연속공정을 기준으로 한 것이며, 실제 pH는 시간이 지남에 따라 확산되어 내부까지 낮아 질 수 있음).

- 본 실험은 고수분의 떡을 자체 제조하여 사용하였으며 이와 같은 상태에서 도달하기 어려운 산미료나 산미료의 농도는 실제 현장에서 사용 시 내부까지 효과적으로 도달하기는 어렵다고 판단 되며, 후속공정 시에 확산을 통하여 pH가 평형상태에 도달하는지 여부를 관찰할 필요가 있음

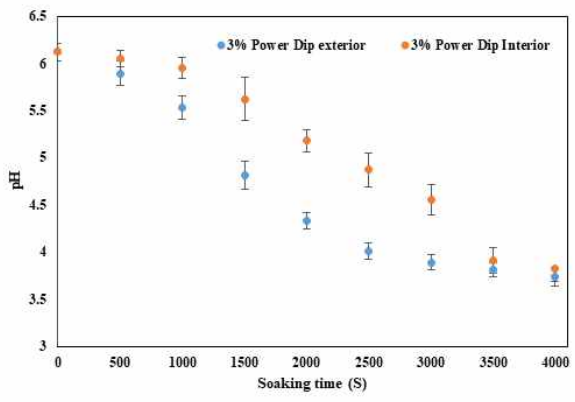
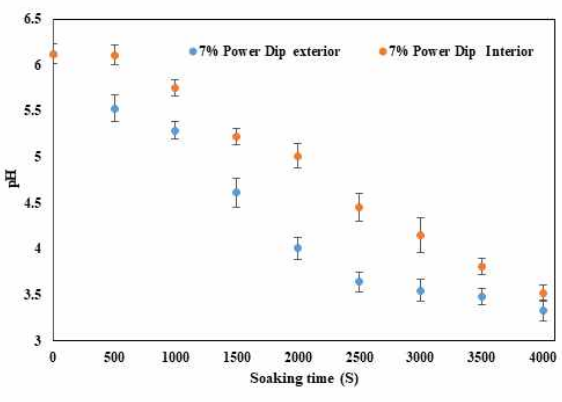
- 내부 pH가 pH 4에 가장 가까운 값을 나타내게 하는 산미료는 P.D. 7%임을 확인하였음.

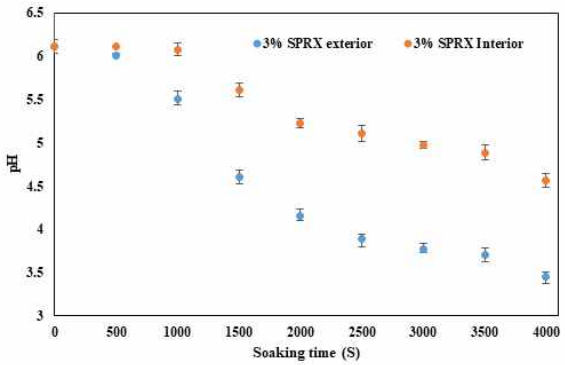
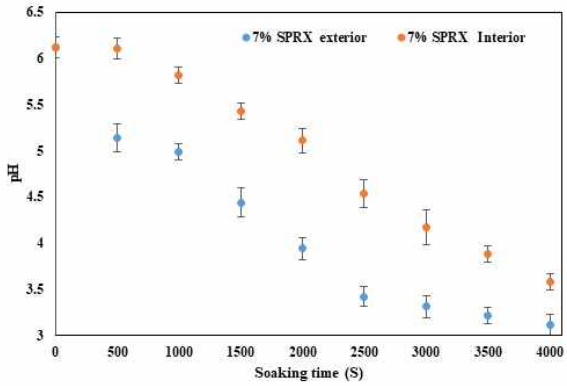
- 외부 pH 변화의 경우 스포릭스가 P.D.에 비해 효과적임을 확인하였으나, 내부 pH 변화는 P.D.가 더 유의적인 효과를 나타냄을 확인하였음.

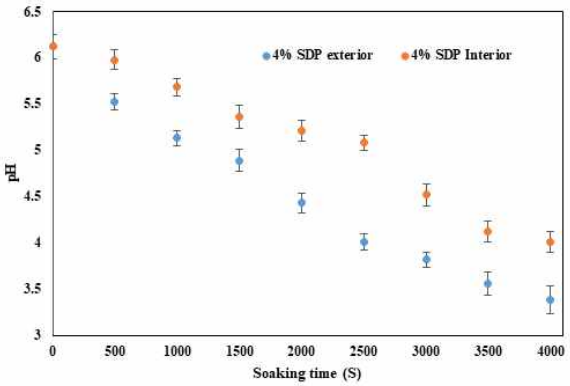
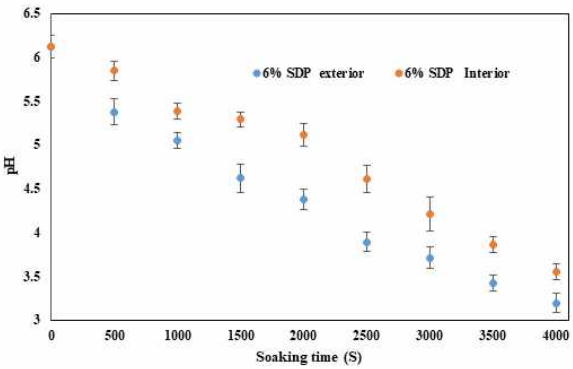
- P.D.의 경우, 시간에 따른 외부 pH의 변화가 급격하지 않으며, 내부 pH의 감소 또한 pH 4와 유사한 값 까지 감소하는 것을 확인하였음.

- 결론적으로 P.D.을 사용하여 표면 코팅을 진행하는 것이 권장됨.

<Figure 48. 산미료에 따른 3cm 떡볶이 떡의 외부 pH 변화(A)와 내부 pH 변화(B)>

3% P.D. 침지	7% P.D.침지
	

3% SPRX 침지	7% SPRX 침지
	

4% SDP 침지	6% SDP 침지
	

- 1cm의 떡을 침지했을 경우와 유사하게, 떡의 외부 pH는 내부보다 빠르게 감소하는 것을 확인할 수 있었음.

- 또한, 높은 농도의 산미료를 사용할 경우 떡의 내부 pH가 4.0에 도달하기까지 걸리는 시간이 보다 감소되는 것을 확인하였음.

- SDP는 다른 산미료에 비해 떡의 외부 pH를 빠르게 감소시키는 것으로 보여졌고, 내부 pH가 상대적으로 4.0에 빠르게 도달하는 것으로 보여졌음.

(라) 떡국 떡의 침지 특성 확인

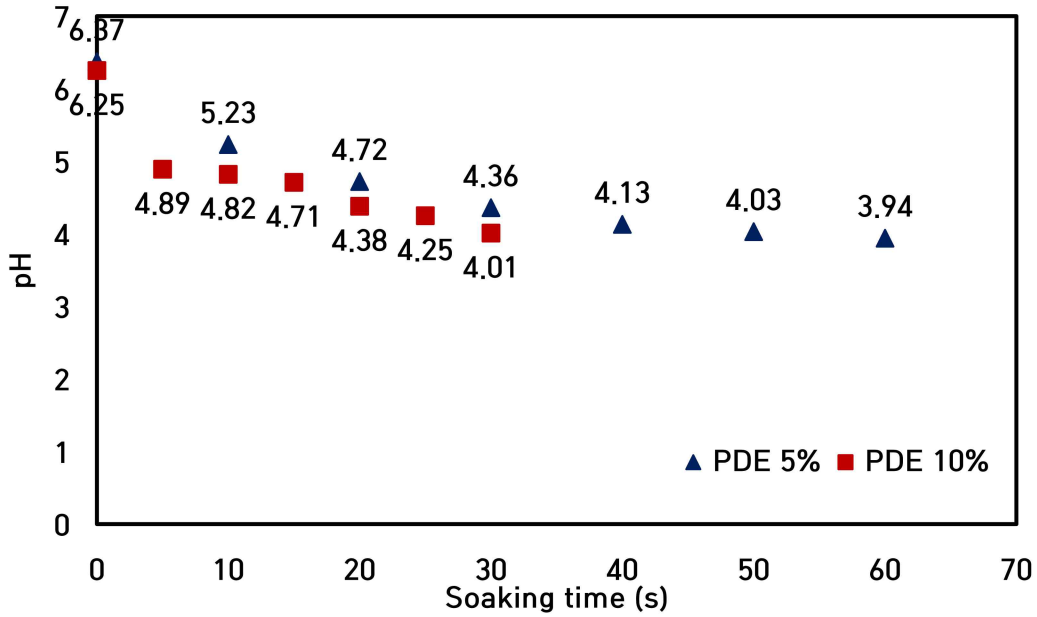
- 목적: pH 4인 떡국 떡의 제조를 위하여 침지 특성 확인

- 떡국 떡은 조리를 통해 재가열하여 섭취하기 때문에 떡볶이 떡과 달리 실온에 방치하여 노화시킨 후 썰어서 사용함.

- 이러한 노화 진행으로 인한 침지 특성이 떡볶이 떡과 같은지 확인할 필요가 있음.

- 초기 pH 6인 떡국 떡을 산미료 (P.D.)에 침지하여 목적인 pH 4에 도달하는 시간을 측정하였으며 결과는 아래와 같음.

<Figure 49. P.D. 떡국 떡의 pH 4 도달 소요 시간>



(마) 산미료 배합 떡볶이 떡의 침지 특성 확인 (복합공정의 침지특성)

- 목적: 최적의 pH 4 떡볶이 떡 제조 방법 개발

- 배합을 통해 떡볶이 떡의 pH를 4.3으로 조절한 후 침지를 진행한다면 소요 시간이 절약가능할 것으로 예상되며, 초기 미생물의 생장 또한 억제가 가능할 것으로 예상됨.

- 따라서 산미료 P.D.와 SPRX를 각각 첨가하여 초기 pH 4.2인 산 배합 떡볶이 떡(직경 1cm, 3cm)을 압출 후, 산미료 용액(SDP, P.D.)에 침지하여 목표값인 pH 4에 도달하는 시간을 측정하였으며 사용한 배합비 및 농도는 아래와 같음.

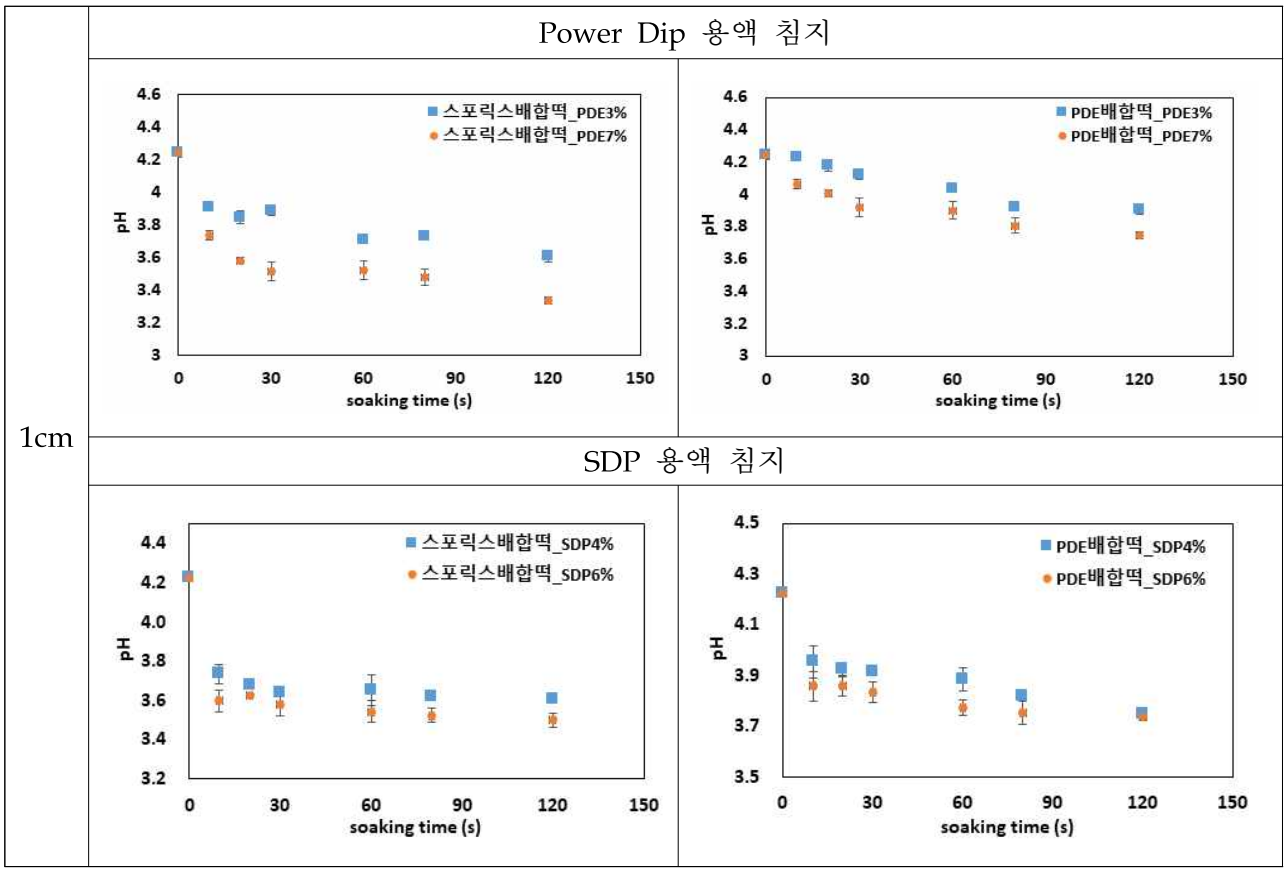
- 이와 같이 산미료를 배합하여 침지 전 상태의 pH를 조절 할 경우, 침지 시간이 단축되므로 크기가 큰 시료의 경우도 침지 공정이 적용이 가능함.

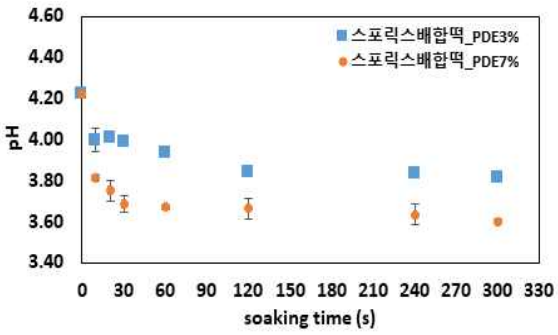
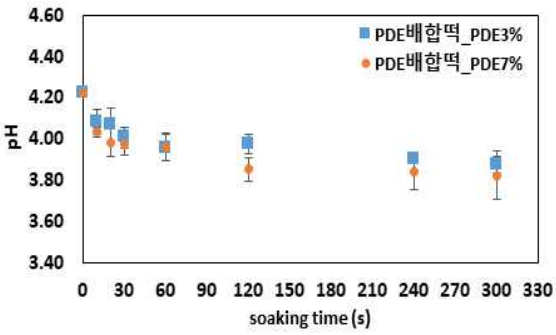
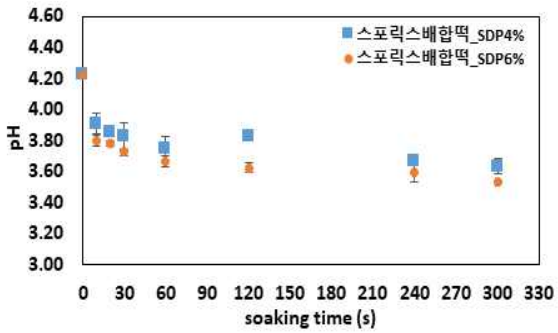
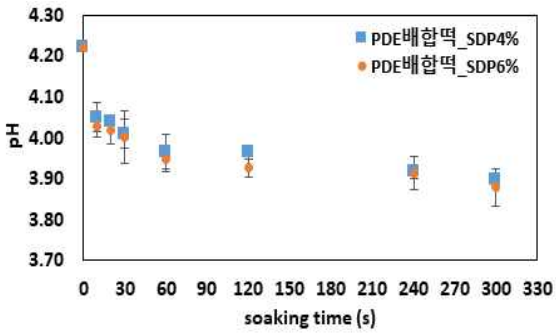
<Table 36. Control/산미료 첨가 떡볶이 떡의 배합 비>

	미분	소금	증류수	산미료	합계
Control	750g	7.5g	345g	0g	1000g
SDP Sample	750g	7.5g	337.5g	7.5g	1000g
SPRX sample	750g	7.5g	336.6g	8.44g	1000g

- 초기 pH 4.2인 떡볶이 떡(직경 1cm, 3cm)을 농도를 다르게 설정한 산미료 (SDP, P.D.)에 침지하여 목적인 pH 4에 도달하는 시간을 측정하였으며 결과는 아래와 같음.

<Figure 50. 침지 용액별 산 배합 떡볶이 떡의 pH 4 도달 소요 시간>



<table>
<tr><td rowspan="4">3cm</td><td colspan="2">Power Dip 용액 침지</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">SDP 용액 침지</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
</table>

<Table 37. 산배합을 한 떡의 굵기별 침지용액별 pH4 도달 시간>

		P.D.		SDP	
		3%	7%	4%	6%
1cm	SPRX	10초	10초 이내	10초 이내	10초 이내
	P.D.	20초	15초	10초	10초 이내
3cm	SPRX	10초	10초 이내	10초	10초 이내
	P.D.	39초	30초	35초	30초

- 실험 결과, 산미료를 배합한 떡의 산 침지 시 pH4 도달 시간은 40초 이내로 이루어짐을 확인하였음.
- 산 배합 떡 침지 시 P.D. 용액보다 SDP 용액이 다소 빠르게 목표pH에 도달하지만 큰 차이가 없음을 확인하였음.
- SPRX용액을 이용하여 배합한 떡은 산 침지 용액에 관계없이 10초 이내에 pH4에 도달함을 확인하였으나, 점도의 영향으로 배합 시 애로사항으로 존재할 수 있음
- PD의 경우 배합시에 혼합한 산미료와 동일 한 특성이므로 저항없이 확산이 잘 되었다고 파단됨.
- 결론적으로, 침지 산미료로 P.D.나 SDP는 큰 차이가 없음을 확인하였음. 배합 산미료로 SPRX는 pH를 낮추는 데는 적합하나 상대적으로 높은 점도를 고려하여야 함.

(3) 초기 균수 억제를 위한 적합 주정 분무량 도출

(가) 주정분무량에 따른 알코올 수치 측정

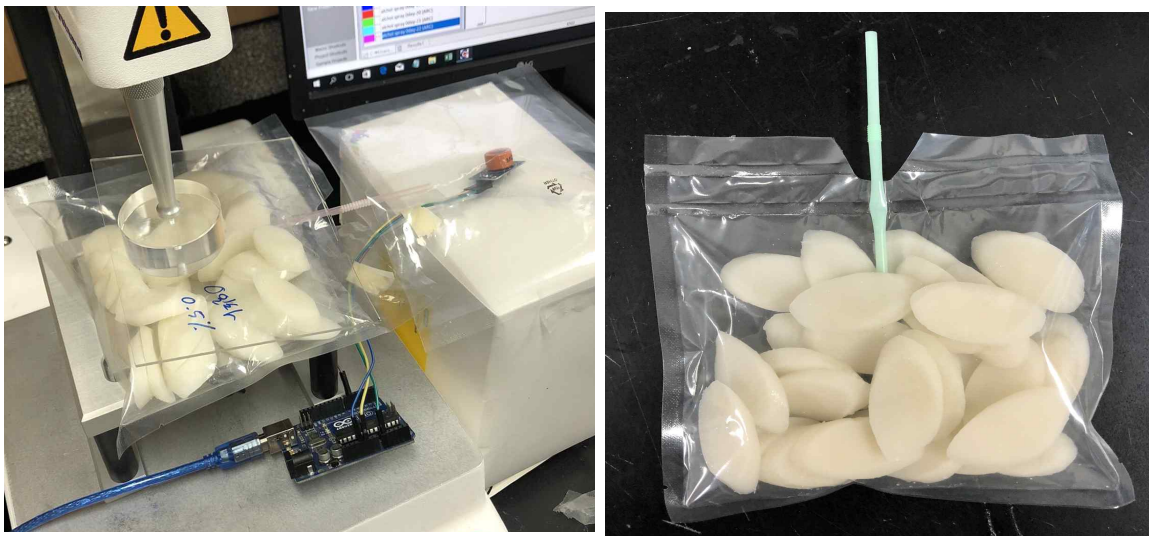
- 주정 분무량에 따른 알코올 수치를 측정하기 위해 각각 200g 단량으로 설정하여 떡을 포장하였고, 총 단량의 0.5%, 1%, 1.5%에 해당하는 양의 주정을 분무하여 샘플을 제조하였음.

- control, 0.5%, 1.0%, 1.5%에 해당하는 양의 주정을 분무시킨 떡을 각 0일, 1일, 3일, 5일 차로 나누어 냉장 및 상온에서 보관하였음.

- 포장재를 뜯은 후 느껴지는 알코올 냄새의 정도를 수치화하기 위해 아두이노 센서를 이용하여 그 값을 측정하였음.

- 아두이노 센서 측정 직전, Figure 51. 과 같이 포장재 입구 부근에 빨대를 부착하여 실링한 상태로 측정하였음.

- 소비자들이 실제 떡을 구입하여 포장재를 뜯은 후의 상황을 재현하기 위해 부착한 빨대를 통해 포장재 내부의 공기가 빠져나올 수 있도록 하였고, 동일한 힘을 가해주기 위해서 조직감측정기(TA.XT plus 100C, TA.XT plus, MHK Trading Co., Bucheon, Korea)를 이용하여 수치를 측정하였음.



<Figure 51. 조직감측정 기기를 통해 아두이노 센서의 알코올 수치 측정>

- 아두이노 센서를 통해 출력되는 값을 실제 알코올 양으로 환산해주기 위해 아래의 식을 사용하였음

$$z = \frac{y \times 0.40}{x}$$

x: 공기중의 아두이노 출력값

y: 주정분무 떡의 아두이노 출력값

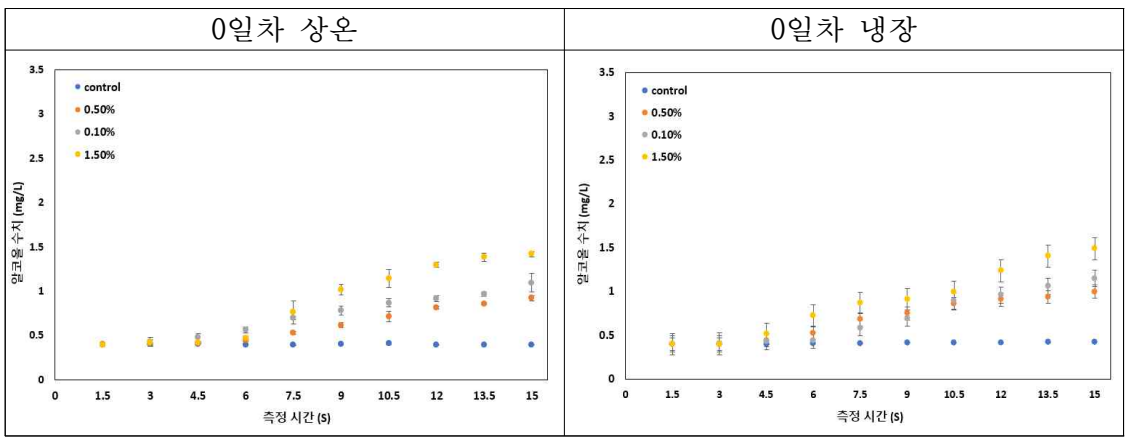
z: 주정분무 떡의 실제 알코올 수치

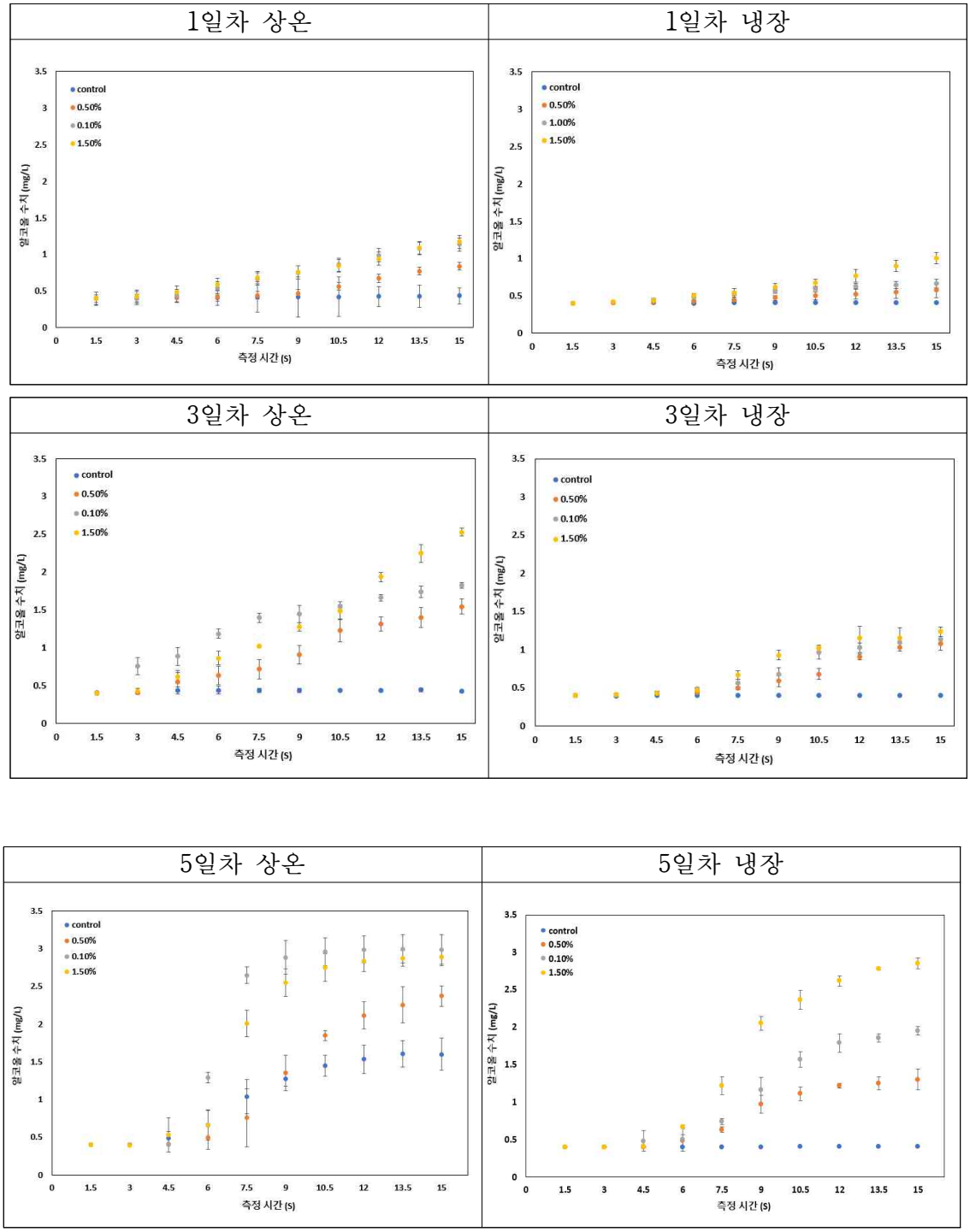
- 공기중에 존재하는 평균적인 알코올 수치는 0.40mg/L로 알려져 있으므로, 이 값을 통해 실험실 내부의 알코올 수치를 측정하고, 주정분무 떡의 아두이노 수치를 측정하여 실제 알코올의 값을 도출해낼 수 있음.

- 예를 들어, 공기 중 아두이노 수치가 66이고, 주정 분무 떡의 수치가 127일 경우, $66 : 0.40 = 127 : x$ 이고, $x = (127 \times 0.40)/66 = 0.77$이므로, 아두이노 출력값이 127일 경우의 알코올 양은 0.77mg/L가 되는 것임.

- 이와 같은 방법으로 도출한 주정분무량별 떡의 알코올 수치를 상온 및 실온으로 분류하여 Figure 52. 에 나타내었음.

<Figure 52. 주정분무량 및 보관 날짜별 알코올 수치>





- 실험결과, 0일차와 1일차의 경우는 유사하게 주정분무량이 증가함에 따라 측정되는 알코올 수치가 증가하는 것을 확인할 수 있음.

- 3일차의 경우 상온에서의 알코올 수치가 냉장에 비해 높게 측정되는 것을 확인할 수 있음.

- 상온에서 보관으로 인하여 떡이 부패하기 시작했고, 이로 인해 포장재 내부에서 부패가 발

생하여 냉장보관 샘플에 비해 알코올 수치가 높게 측정된 것으로 생각해볼 수 있음.

- 실제로 3일차, 5일차 상온보관 샘플의 경우, 산패취와 유사한 이취를 나타내었음.

- 5일차부터는 상온과 냉장보관 샘플 모두 초기 측정값보다 높은 수치가 측정되는 것을 확인할 수 있었음.

- 이 중, 5일차 상온보관 샘플의 경우 1.0% 주정분무 떡이 1.5% 주정분무 떡보다 높은 수치가 측정되는 것을 확인할 수 있었음.

- 또한, 5일차 상온보관 샘플 중 주정처리를 하지 않은 control 떡의 경우도 0.4를 유지하던 수치가 급격히 상승하는 것을 확인할 수 있었음.

- 이는 상온에서 장기간 보관되어 떡에 부패가 일어나 주정처리를 하지 않았음에도 높은 알코올 수치가 측정된 것으로 볼 수 있음.

(나) 주정분무량에 따른 미생물 감균 정도

<Table 38. 주정분무 떡의 상온보관 시 미생물 양>

주정분무량	0일차 상온 (Log(CFU/g)	1일차 상온 (Log(CFU/g)	3일차 상온 (Log(CFU/g)	5일차 상온 (Log(CFU/g)
control	3.35±0.18[a]	4.40±0.008[a]	6.60±0.003[a]	**
0.5%	2.72±0.08[b]	4.25±0.004[b]	5.85±0.19[b]	**
1.0%	2.31±0.07[c]	3.01±0.09[d]	5.74±0.21b[b]	**
1.5%	2.12±0.12[c]	3.44±0.21c[c]	5.66±0.25[b]	**

- 상온보관 샘플의 경우 1일 차까지는 섭취가능한 범위의 미생물 양이 측정되었으나, 3일 차부터는 허용범위 이상의 미생물이 측정되어 3일차 이후부터는 섭취가 불가능한 것을 확인할 수 있었음.

- 0일 차 및 3일 차의 미생물 수치를 확인해보면, 주정분무량이 증가함에 따라서 미생물의 양이 감소하는 것을 확인할 수 있음.

<Table 39. 주정분무 떡의 냉장보관 시 미생물 양>

주정분무량	0일차 냉장 (Log(CFU/g)	1일차 냉장 (Log(CFU/g)	3일차 냉장 (Log(CFU/g)	5일차 냉장 (Log(CFU/g)
control	3.27±0.04[a]	3.39±0.09[a]	3.65±0.23[a]	3.98±0.12[a]
0.5%	2.69±0.12[b]	3.01±0.04[b]	3.23±0.13[ab]	3.38±0.10[b]
1.0%	2.29±0.03[c]	2.35±0.25[c]	2.86±0.39[b]	3.00±0.24[c]
1.5%	2.04±0.30[c]	2.09±0.13[c]	2.58±0.32[b]	2.81±0.18[c]

- 냉장보관 샘플의 경우 보관 5일 차까지 섭취가능한 범위의 미생물 양이 측정된 것을 확인할 수 있음.

- 마찬가지로, 냉장보관 샘플의 경우도 주정분무량이 증가함에 따라 미생물 양이 감소하는 것을 확인할 수 있었음.

- 그 중 1.0%와 1.5% 주정분무 떡의 경우, 미생물 측정 수치의 유의적인 차이가 없는 것으로 확인하였음.

(다) 관능평가

- 각 control, 0.5, 1.0, 1.5%로 주정분무 처리한 떡의 관능평가는 강원대학교 식품생명공학과 재학생 20명을 대상으로 색, 맛, 향, 전체적인 기호도에 대해 관 7점 척도법을 통해 관능평가를 진행하였음.

- 관능평가 전 관능평가 항목으로서 색은 떡볶이 떡의 명도가 밝을수록, 기호도가 높을수록 높은 점수를 부여하도록 하였고, 주정의 맛이 느껴질수록, 주정 향이 강할수록 낮은 점수를 부여하도록 교육하였음.

<Table 40. 주정분무 냉장보관 떡의 관능평가 결과>

주정 분무량(%)	Control	0.5	1.0	1.5
색	5.91±0.94	5.64±0.92	5.81±1.08	5.82±0.98
맛	5.82±0.87	5.41±1.20	5.55±0.93	5.36±1.21
향	5.45±1.13	5.36±1.03	5.45±0.93	5.27±1.01
전체적인 기호도	5.91±1.04	5.55±1.04	5.64±0.81	5.61±1.01

- 주정분무 시 주정분무량이 증가함에 따라 맛과 향의 관능평가 점수가 일부 감소하는 경향을 보였으나, 전체적인 기호도 차이에서는 유의미한 차이가 없는 것을 확인하였음.

<Figure 53. 주정분무 냉장보관 떡의 관능평가 실시>

WORKSHOP SESSION 2, 3

(13 : 30−15 : 30) at Conference Room 3

2. Animal Sciences
3. Food Sciences and Food Engineering

Moderator (2-1~5): Won Byong Yoon (KNU)
Moderator (3-1~2): Mako Nakamura (KU)

13:30-13:45 WS2-1	Histidine-rich protein: a new pathogenic factor of *Plasmodium falciparum* malaria	Mayu Shimoda, Tsuyoshi Kawano, and Takashi Iwasaki , TU, Japan	p.55
13:45-14:00 WS2-2	Development of anti-tumor enzyme fused with cell-penetrating peptide	Sachi Fukunaga, Tsuyoshi Kawano, and Takashi Iwasaki, TU, Japan	p.56
14:00-14:15 WS2-3	HGF nitration abolishes myogenic stem satellite cell activation.	Hirochika Kido, Nana Imatomi, Shoko Okuda, Yoshitaka Manabe, Yuji Matsuyosi, Alaa Magdi Hassanein Elgaabari, Takashi Nakashima, Shoko Sawano, Wataru Mizunoya, Mako Nakamura, and Ryuichi Tatsumi, KU, Japan	p.57
14:15-14:30 WS2-4	The serum-free media allows chick gizzard smooth muscle cells in differentiated state.	Kosuke Tokunaga, Shota Akimoto, Wataru Mizunoya, Ryuichi Tatsumi and Mako Nakamura, KU, Japan	p.58
14:30-14:45 WS2-5	Improving meat quality by regulating myogenic and adipogenic cell fate -A possible role of Paired box 7 (Pax7) during adipogenic differentiation-	Wakana Izumi, Yuko Takuma, Wataru Mizunoya, Ryuichi Tatsumi and Mako Nakamura, KU, Japán	p.59
14:45-15:00	Coffee Break		
15:00-15:15 WS3-1	Optimization of acid treatment in extending white rice cake storability.	Oyinloye Timilehin Martins, Park Cho Bin, Won Byong Yoon, KNU, Korea	p.60
15:15-15:30 WS3-2	*Potentilla rugulosa* Kitag. extract inhibits obesogen (endocrine disrupting chemicals) -induced fat accumulation in 3T3-L1 cells	Sun-Il Choi, Jong Seok Lee, Sarah Lee, Wan-Sup Sim, Xionggao Han, Gill-Woong Jang, Hee-Yeon Kwon, Ye-Eun Choi, and Ok-Hwan Lee, KNU, Korea	p.61

- 위의 ‘표면코팅 기술연구’에 대한 연구결과를 통해 ‘Optimization of acid treatment in extending white rice cake storability’으로 학술발표를 진행하였음.

◆ **살균 가공기술 연구(내/외부 살/멸균 기술 등)**

● **연구의 배경 및 필요성**

● **연구개발의 목적**

- 품질특성의 변화를 최소화하고, 단량, pH, 초기균수 등 각 조건에 따른 연구를 통한 최적 살균 가공기술의 도출

(1) 본 연구의 핵심적인 가공기술인 침지 후 가열살균 공정의 최적화를 위한 최적 침지 공정 및 최적살균공정 도출

(2) 쌀가공제품의 위해균인 *B.cereus*와 포장용기 내 떡의 냉점을 기준으로 한 최적 살균도 (F-value) 도출

● **연구개발 주요 수행 내용**

(1) 선행연구 기반의 산침지-살균 복합공정 초기조건 설정

(가) 떡볶이 떡의 살균도의 이론적 정의

(나) 살균 시 냉점 도출을 위한 컴퓨터 시뮬레이션

(다) 떡볶이 떡의 온도에 따른 살균 후 형상 변화 확인

(라) 산침지에 의한 감균 지수 변화 계산

(마) 산침지와 가열살균 복합공정에서의 떡볶이 떡 품질 변화

(바) 떡볶이 떡의 D-value 및 z-value 도출

(2) 유통기한 도출

<*선행연구결과를 통하여 얻은 초기 조건 설정에 관련된 연구결과는 **첨부1**을 참조>

(1) 선행연구 기반의 산침지-살균 복합공정 초기조건 설정

(가) 떡볶이 떡의 살균도의 이론적 정의

- 포장 떡볶이 떡의 살균은 3회 실시하였으며, 95℃의 경우 항온수조에서 살균을 수행하고, 100℃와 121℃의 경우 레토르트(SR-240, TOMY SEIKO Co., Ltd, Japan) 기기를 이용하여 살균을 수행하였음.

- 감소지수(m)는 초기의 미생물의 농도와 가열살균 후의 미생물 온도의 비로서 안전한 유통을 위해 필요한 감균의 정도를 나타내는 인자이며, 본 연구에서는 가열살균에 적용되는 감소지수($m_{thermal}$)를 다음 식을 이용하여 구하였음.

$$m_{thermal} = \log \frac{N_0}{N}$$

- N_0는 초기 균수를 의미하며, N은 살균 후 목표하는 균수를 나타냄

- 일반적으로 내열성균의 살균은 m=12로 초기균수의 10^{12}의 감균이 이루어진 상태를 저산성 식품의 상온유통에 안전한 상태로 간주함. 가열치사시간(F-value, F)은 m과 decimal reduction time(D-value, D)의 곱으로 정의함.

$$F = mD$$

- 본 연구에서는 떡 가공제품에서 살균 후에도 가장 많이 분포되어 있는 *B. cereus*를 살균공정의 미생물 지표균으로 선정하였음.

- *B. cereus*의 D-value는 균주의 열 저항성에 따라 다양한 범위를 가지고 있으므로 본 연구에서는 살균온도 95℃를 기준으로 최소 D-value(D_{min}=0.64 min)와 최대 D-value(D_{max}=7.04 min)를 문헌(Hariram U, Labbe RG. 2016. Growth and inhibition by spices of growth from spores of enterotoxigenic Bacillus cereus in cooked rice. Food Control. 64: 60-64)을 통하여 설정하여 최소 F-value(F_{min})와 최대 F-value(F_{max})를 다음과 같이 설정하였음

$$F_{\min} = 12D_{\min}$$
$$F_{\max} = 12D_{\max}$$

- 일반적으로 레토르트(고온 가압 살균기)를 사용하여 저산성 상온유통 식품을 제조할 경우, 사용되는 내열성 균의 기준 살균온도인 121℃, 유통기한 연장을 위한 살균압출 떡의 연구

(Cheon HS, Cho WI, Lee SJ, Chung MS, Choi JB. 2017. Acidic and steaming treatments of tteokbokki rice cake to improve its microbial and textural properties. Korean J. Food Sci. Technol. 49(5): 502-506)에 사용된 살균온도 100℃ 및 대기압에서 물의 비등점보다 낮은 온도인 95℃를 사용하여 본 연구에서는 살균 시의 살균온도가 떡볶이 떡의 품질에 주는 영향을 조사하였음.

- 특정 살균온도에서 목표로 하는 F_{min}과 F_{max}를 만족시키기 위한 살균 시간인 F-value (F)는 다음과 같은 수식을 이용하여 계산되었음.

$$F = \int_0^t 10^{\frac{T(t) - T_{ref}}{z}} dt$$

- 식에서 t는 열처리 시간, $T(t)$는 시간 t에서의 온도, T_{ref}는 레퍼런스 온도이며, 본 연구에서는 95℃를 이용하였다. 계산에 이용된 z-value(z)는 Van & Zwietering (Van Asselt ED, Zwietering MH. 2006. A systematic approach to determine global thermal inactivation parameters for various food pathogens. Int. J. Food Microbiol. 107(1): 73-82)의 연구에서 열저항성 *B. cereus*의 z-value를 이용하였음.

- 위와 같은 식을 이용하기 위해서는 살균 동안의 냉점에서의 시간에 따른 온도변화를 측정하여야 함.

- 냉점을 구하기 위해서 본 연구에서는 수치해석기법과 무선 온도센서(TrackSence Pro, Ellab, Denmark)를 이용한 측정을 이용하여 냉점을 설정하였으며, 설정된 냉점에서의 살균 중의 온도변화를 측정하여 해당 살균온도에서의 살균시간을 도출하였음.

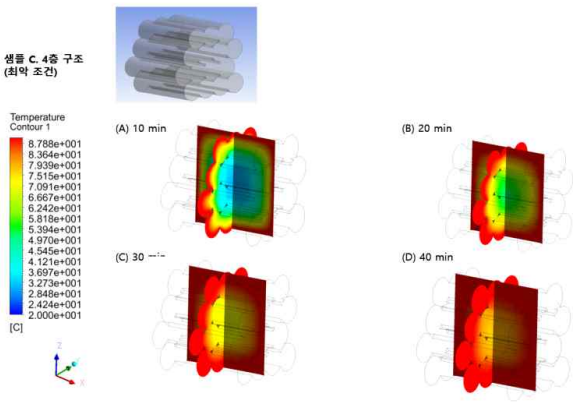
- 또한, 계산한 레퍼런스 온도인 95℃에서의 F-value를 다음과 같이 계산하여 100℃와 121℃의 온도에서 동일한 F-value를 나타내는 살균 시간을 도출하였음.

$$F_T = F_{ref} \cdot 10^{-(T - T_{ref})/z}$$

(나) 살균 시 냉점 도출을 위한 컴퓨터 시뮬레이션

- 떡의 형상에 따른 냉점 분석을 위하여 상용 소프트웨어인 COMSOL Multiphysics 5.2a (COMSOL Multiphysics, Stockholm, Sweden)를 이용하여 열전달 시뮬레이션을 수행하였음.

- 열처리 공정 중 떡볶이 떡으로의 열전달 및 내부의 온도 구배를 확인하고, 살균 조건의 확립에 필요한 냉점의 위치를 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 파악.



<Figure 54. 시뮬레이션을 통한 냉점 분석의 예>

- 냉점을 기준으로 살균 조건을 설정하여 목표하는 품질 특성을 유지하면서 유통기한의 확보가 가능한 최적 살균 조건을 도출.
- 아래 식의 F-value를 통해 최적 살균 시간 도출.

$$F = \int_{t_0}^{t_f} 10^{\frac{T(t) - T_{ref}}{z}} dt$$

(다) 떡볶이 떡의 온도에 따른 살균 후 형상 변화 확인

- 떡볶이 떡의 살균온도 및 산침지에 따라 변화하는 떡의 형상을 정량하기 위하여 이미지 분석을 수행하였음.

- 살균 및 산침지 이전의 떡볶이 떡을 대조군으로 하여 떡의 형상이 균일하지 않은 정도를 non-uniformity로 계산하였음.

- 먼저, 떡볶이 떡을 흑색 촬영용 배경천에 위치시킨 후 디지털 카메라(DSLR-500D, Canon Inc., Tokyo, Japan)로 20 cm의 거리의 위에서 측정하였음. 이후 Matlab 소프트웨어를 이용하여 Canny edge operator로 edge detection을 수행하였으며, 떡의 형상을 백색, 배경을 흑색으로 변환하여 이미지의 분할(segmentation)을 수행하였음.

- 살균된 떡을 무작위하게 5개의 시료군으로 취하여 그 중 15개를 무작위로 선택하여 다음과 같이 비균일도 (Non-uniform parameter, Nup)를 계산하였음.

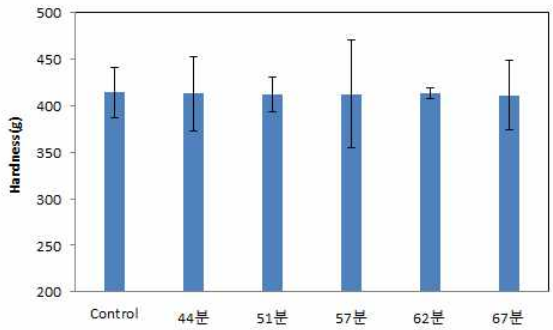
$$N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (A_i - \overline{A})^2}{n}}$$

- 위의 식에서 n은 시료의 개수, A_i는 각 시료의 면적, A는 A_i의 평균을 의미함.

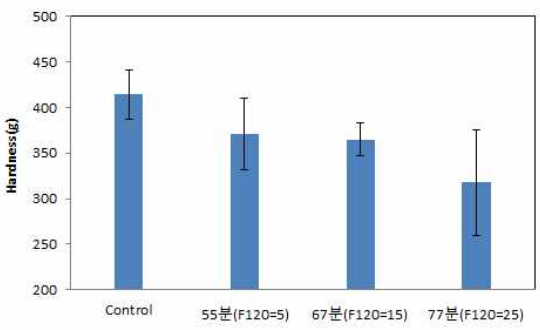
- 산미료 사용에 따른 미생물 저감도를 확인하여 최소 살균 시간 도출.

- 장시간 고온 살균 시 발생할 수 있는 떡의 물성 및 형상 변화 확인 및 저온 살균 필요성 검증.

<Figure 55. 장시간 고온 살균하는 경우 떡의 뭉침 현상>



저온살균(95℃) 후 Hardness



레토르트 살균(121℃) 후 Hardness

<Figure 56. 고온 살균하는 경우 떡의 물성 변화 현상>

(라) 산침지에 의한 감균 지수 변화 계산

- 떡볶이 떡의 산미료 침지 후 떡의 균 수는 감소된다. 이와 같이 산침지 후 미생물의 감균 효과는 가열 살균 전 m의 값에 변화를 주므로 침지 후 적용되는 m_{acid}는 다음과 같이 구하였음.

$$m_{acid} = \log \frac{N_0}{N_{acid}}$$

- 침지 후 변화된 m값에 따라 산침지와 살균복합공정에서의 살균도를 구하기 위한 m_{final}과 복합공정에서의 가열치사시간은 F_{final}는 다음과 같이 구하였음.

$$m_{final} = m_{thermal} - m_{acid}$$

$$F_{final} = m_{final} D$$

(마) 산침지와 가열살균 복합공정에서의 떡볶이 떡 품질 변화

① 전분 용출도 측정

- 살균온도 및 pH에 따른 떡볶이 떡의 전분 용출도는 Cheon et al.(2017)의 실험 방법을 변형한 방법을 이용하였음.

- 전분 용출도는 떡볶이 떡 100g을 물 400g을 넣고 각 살균온도인 95, 100, 121℃에서 시간별로 열처리를 하고, 전분이 용출된 물을 분광광도계(SpectraMax i3, Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)를 사용하여 파장 480nm에서 용출액을 통과할 때 흡수되는 빛의 양인 흡광도를 측정하여 분석하였음.

- 같은 방법을 이용하여 떡의 산침지 시간에 따른 흡광도를 산미료 10% 수용액을 대조군으로 하여 측정하였으며, 이후 95℃에서 열처리 시 떡의 pH가 3.5~6.0일 때 시간에 따른 전분 용출도를 측정하여 살균 온도 및 pH가 살균 시간에 따라 형상의 변형과 밀접한 관련이 있는 전분 네트워크에 미치는 영향을 확인하였음.

② 관능평가

- 산침지 후 다양한 pH를 나타내는 떡볶이 떡을 95℃에서 살균한 후 기호도를 확인하기 위하여 강원대학교 식품생명공학과에 재학 중인 학생 10인을 관능평가의 항목과 정의에 대하여 숙지하도록 2회 이상 사전 교육을 수행한 후, 각 실험군별 떡볶이 떡 10g에 대하여 맛(taste), 향(flavor), 색(color), 조직감(texture), 전체적 기호도(overall acceptability)를 7점(1점: 대단히 약함, 7점: 대단히 강함) 척도로 평가하도록 하였음 .

(바) 떡볶이 떡의 D-value 및 z-value 도출

- 떡볶이 떡의 초기 pH 및 열처리 살균 시간에 따른 *B. cereus*의 균수를 측정하였음.

- 멸균백 내에서 떡볶이 떡 시료 10g에 0.1% 멸균 펩톤수 90g을 균질기를 이용하여 2 min 간 분쇄하였으며, 균질화한 시료 현탁액 1mL를 9mL의 0.1% 멸균 펩톤수에 단계적으로 희석하고 균질화하여 미생물 검출에 이용하였음.

- 미생물 검출을 위하여 *B. cereus*의 선택 배지인 50% egg yolk enrichment와 Antimicrobic Vial P(Difco, Becton Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)와 함께 제조한 mannitol egg yolk polymyxin agar(MYP; Difco, BD)를 이용하였음.

- 미생물 실험은 pour plate 방법을 이용하였으며, 1mL의 희석한 시료 현탁액을 빈 페트리 접시에 분주한 후 45℃로 냉각된 배지 용액을 넣고 약한 강도로 흔들며 시료와 배지를 혼합하였음. 이후 10 min 동안 배지를 냉각시킨 후 30℃에서 24시간 동안 배양하여 *B. cereus* 균수를 측정하였음.

- 떡볶이 떡 내 B. cereus 균 수 데이터와 다음 식을 이용하여 z-value 및 D-value를 계산함.

$$\log\frac{N}{N_0}=-\frac{kt}{2.303}$$

$$D=\frac{2.303}{k}$$

$$\log\frac{D_{T_2}}{D_{T_1}}=\frac{1}{z}(T_1-T_2)$$

(2) 유통기한 도출

- 위와 같은 방법으로 도출한 최적 살균 기술을 떡볶이 떡 제조 공정에 적용하여 ㈜식품환경연구센터에 유통기한 산출 의뢰를 진행하였음.

- 15℃, 25℃, 35℃에서 저장기간 90일까지와 베트남 수출과 같은 해외 수출 운송 기간을 고려하여 떡볶이 떡을 40℃에서 저장실험을 진행함.

- 간헐적 가혹조건인 40℃ 저장 실험은 강원대학교에서 자체적으로 90일 이후 2개월 간격으로 12개월 동안 저장실험을 진행하였음.

● 연구결과

(1) 선행연구 기반의 산침지-살균 복합공정 초기조건 설정

<선행연구결과를 통하여 얻은 초기 조건 설정에 관련된 연구결과는 **첨부1**을 참조>

(가) 떡볶이 떡의 살균: 포장 단량과 방법에 따른 열전달 형상 모델 구축을 위한 샘플 제조

- 포장 형태는 소포장을 기준으로 설정하였음.

- 포장지 내 떡의 배치형태는 평판형 1단, 2단, 무작위로 구분하여 무선온도센서를 장착하여 실험을 통한 냉점의 위치를 확인함.

(나) 살균 시 냉점 도출을 위한 컴퓨터 시뮬레이션

- 떡의 형상에 따른 냉점 분석을 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하였음.
- 컴퓨터 시뮬레이션에 사용된 떡볶이 떡의 물리적 성질은 Table 41.과 같음.

<Table 41. 떡볶이 떡의 열・물리적 성질 및 열역학적 특성값.

특성	떡볶이 떡
비열 (Cp) (J/kg・K)	3848.08
밀도 (kg/m^3)	1207.62
열전도도 (k) (W/m・K)	0.69

- 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 냉점과 실측의 냉점의 위치는 유사하였으며, 이에 따라 용기내부 중심점을 기준으로 냉점을 측정하여 살균도를 측정함

DE GRUYTER International Journal of Food Engineering. 2019; 20180055

Hyeon W. Park[1,2] / Myeong G. Lee[1,2] / Jae W. Park[2] / Won B. Yoon[1]

Developing an Accurate Heat Transfer Simulation Model of Alaska Pollock Surimi Paste by Estimating the Thermal Diffusivities at Various Moisture and Salt Contents

[1] Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Kangwondaehak-gil 1, Chuncheon Gangwon-do 200-701, Korea (the Republic of), E-mail: hwpark0978@gmail.com, mglee530@gmail.com, wbyoon@kangwon.ac.kr
[2] Oregon State University, OSU Seafood Research and Education Center, 2001 Marine Dr. #253 Astoria, USA, E-mail: hwpark0978@gmail.com, mglee530@gmail.com, jae.park@orst.edu

- 본 연구결과는 해당 학술지에 게재됨.

(다) Lab-scale을 통한 현장 스케일 살균 공정 도출

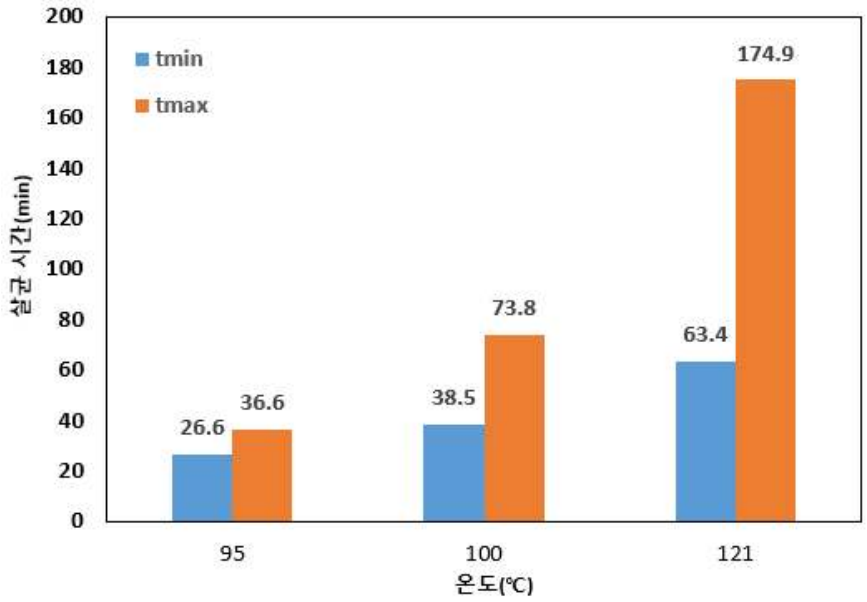
- 떡볶이 떡의 산침지와 가열살균 복합공정 중 살균온도 및 시간에 따른 떡볶이 떡의 품질 변화를 확인하고, 산침지와 가열살균 공정을 살균 기준이 되는 *Bacillus cereus* (*B. cereus*)균의 열특성에 맞추어 적용할 수 있는 최소 및 최대 살균도를 계산하여 상온유통을 위한 떡볶이 떡 공정 지표를 설정하고자 하였음.

① 소단량 떡볶이 떡(400g)의 살균 조건 설정

- 떡볶이 떡의 다양한 온도에서의 살균 시 가열치사시간(F)을 계산한 후 식품에서의 다양한 내열성을 가지는 *B. cereus* 균의 95℃에서의 D_{min}과 D_{max}을 구하였으며, pH 6.0을 기준으로 계산한 F-value의 최소(F_{min}) 및 최대(F_{max})값은 각각 7.68min 및 84.48min이었음.

- 떡볶이 떡을 동일하게 포장하여 100℃와 121℃에서의 F_{min}과 F_{max}를 계산한 결과, 100℃에서의 F_{min}은 2.966min, F_{max}는 32.624min이며, 121℃에서의 F_{min}은 0.055min, F_{max}는 0.66min임을 확인하였음.

<Figure 57. 살균 온도에 따른 최대 살균시간과 최소 살균시간>



② 떡볶이 떡의 온도에 따른 살균 후 형상 변화 확인

- 산침지를 하기 전 포장된 떡볶이 떡의 95℃, 100℃, 121℃에서의 살균 온도에 따른 F_{min}과 F_{max}로 살균한 결과를 확인하였음.

- 대조군인 살균하지 않은 떡의 형상과 비교하였을 때, 121℃에서 살균한 떡은 26.6min의 짧은 열처리 시간에도 불구하고 떡이 중첩되어 있는 부위에서 형상이 뒤틀리고 매우 불균일한 형상을 나타내음.

- 100℃에서 살균한 떡의 경우 121℃와 비교하였을 때에는 형상의 변화가 적으나, 대조군에 비하여 불균일한 형상을 나타내었음.

- 95℃에서 최소 F-value로 살균한 경우에는 형상이 대조군과 가장 유사하나, 가열 시간이 증가함에 따라 불균일도가 증가하였음.

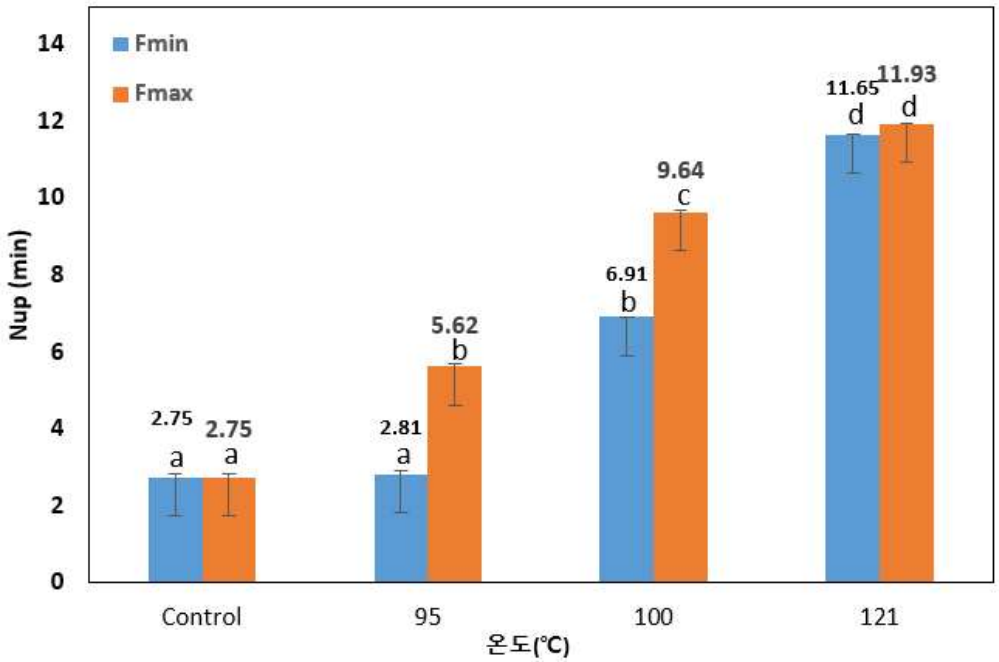
- 반면 95℃에서는 최소, 최대 F-value에서 2.81과 5.62로 control과 가장 유사한 수치를 나타내어, 가열 시간에 따른 떡볶이 떡의 형상 변화가 매우 적음을 정량적으로 확인할 수 있었음.

- 이를 통하여 떡볶이 떡의 살균 시 외관 품질을 위해서는 동일한 살균도를 만족하여도 고온(121℃) 살균은 피해야 함을 확인하였음.

- 통상적으로 이용하는 100℃의 경우에도 열저항성이 강한 *B. cereus* 균을 타겟으로 살균 시 살균 시간의 증가에 따라 형상의 변화가 나타날 수 있음을 알 수 있었음.

- 이에따라, 본 연구에서 살균온도는 95℃를 기준으로 하여 F_{95}로 미생물 안전성을 평가하였음.

<Figure 58. 살균 온도에 따른 비균일도 인자 변화>



③ 산침지에 의한 감균지수 변화 계산

- 산침지에 따른 초기 균 수 변화의 확인 후 산침지 전과 후의 B. *cereus*의 균수를 비교하여 감소지수를 설정.

- 감소지수를 통하여 F-value를 계산한 결과, 산미료 침지 후 떡의 pH가 감소함에 따라 모든 살균 온도에서 F-value가 감소하며, 특히 pH 4.0 이하에서 크게 감소되었음.

- 산침지 이후 총 살균 시간은 산침지를 하지 않은 경우에 비하여 pH 4.0 이하에서 95℃의 경우 최소 54.7min, 최대 135min, 100℃의 경우 최소 35.1min, 최대 63.2min, 121℃에서는 최소 25.5min, 최대 34.7min으로 감소시킬 수 있음을 확인하였음.

- pH와 감소지수에 따른 F-value의 도출은 Table 42.와 같음.

<Table 42. pH에 따른 감소 지수로부터 F-value의 추정>

pH	온도(℃)	t_{min}	t_{max}	F_{min}	F_{max}
Control (6.0)	95℃	63.40	175.00	7.68	84.48
	100℃	38.50	73.80	2.96	32.63
	121℃	26.90	37.10	0.06	0.66
5.5	95℃	62.80	172.10	7.46	82.10
	100℃	38.30	72.80	2.88	31.71
	121℃	26.80	36.90	0.06	0.64
5.0	95℃	62.00	167.90	7.14	78.58
	100℃	38.00	71.60	2.76	30.35
	121℃	26.70	36.70	0.06	0.61
4.5	95℃	61.00	163.20	6.79	74.63
	100℃	37.60	70.28	2.62	28.82
	121℃	26.20	36.40	0.05	0.58
4.0	95℃	54.70	135.00	4.71	51.82
	100℃	35.10	63.16	1.82	20.01
	121℃	25.50	34.70	0.04	0.41
3.5	95℃	54.70	135.00	4.71	51.82
	100℃	35.10	63.16	1.82	20.01
	121℃	25.50	34.70	0.04	0.41

④ 산침지와 가열살균 복합공정에서의 떡볶이 떡 품질 변화

- 산침지에 의한 형상 변화를 확인하기 위하여 상온 침지 시 각 pH에 따른 형상 변화를 관찰하였으며, 살균 이전 산침지 공정 중 형상 변화는 관찰되지 않았음.

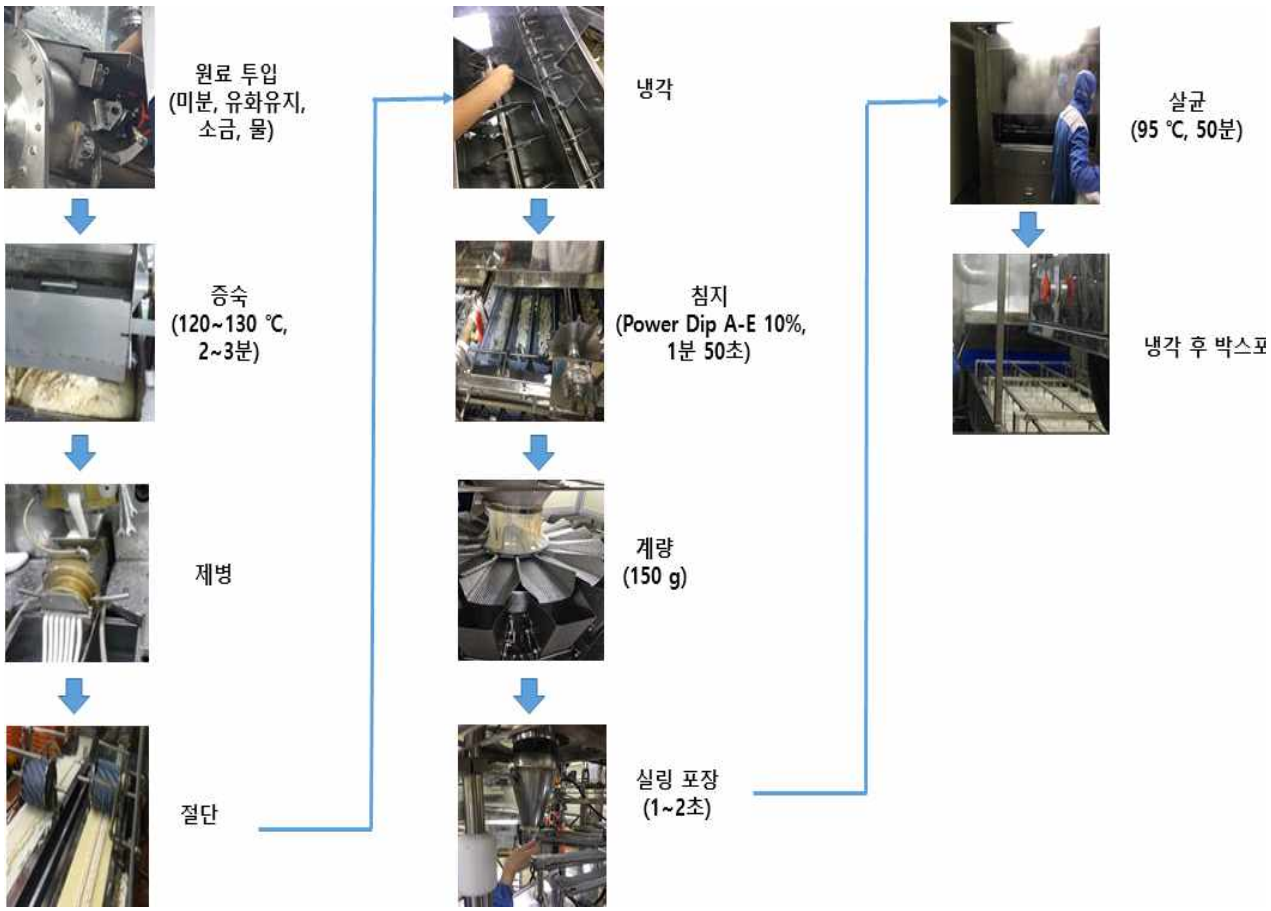
- 떡의 산침지-가열살균 복합공정에 의한 형상 변화 분석은 대조군에서 형상 변화가 가장 적었던 살균 온도 95℃에서 수행하였음.($F_{=95}$로 살균도를 평가함)

- 형상의 변화와 품질(조직감, 명도, 관능)의 변화를 관찰하여 최적 pH 및 살균온도를 설정.

(2) 유통기한 도출을 위한 공인평가기관 의뢰

(가) 공인평가 기관 의뢰결과

- 선행연구결과를 기반으로 도출된 초기 공정조건 범위 내에서 반복적인 현장 공정을 적용하여 현재 사용되는 시스템에서의 최적공정을 하기와 같이 도출함



<Figure 59. 유통기한 의뢰 샘플의 제조 공정도 >

- Figure 59. 의 제조 공정도와 같은 방법으로 제조된 떡볶이 떡 150g을 ㈜식품환경연구센터에 의뢰를 하였음.
- 침지공정은 산미료(P.D.) 10% 용액에 1분 50초를 살균공정은 95℃, 50min을 적용하여 제조하였음.

강원대학교 산학협력단의
'상온 떡볶이떡'
유통기한 설정실험
결과보고서

2019년 10월

(주) 식 품 환 경 연 구 센 터

실험 결과보고서 요약

제목	'상온 떡볶이떡'의 유통기한 설정실험			
실험구분	자체실험 ( ) 의뢰실험(○)			
실험기간	2019년 7월 1일 ~ 2019년 10월 11일			
신청인	업소명	강원대학교 산학협력단	대표자	윤 경 구
	주소	강원도 춘천시 강원대학길1	연락처	033-250-6450
실험수행 기관	기관명	㈜식품환경연구센터	대표자	나 혜 진
	주소	대전광역시 유성구 반석동 638-5 웰지코아 10층	연락처	042-716-3450
실험 참여자	책임자	나 혜 진	연구원	임 혜 림

요 약

◆유통기한 실험결과

식품유형	품질지표	0차 유통기한 일(월)	1차 유통기한 일(월)
떡류	일반세균	-	-
	대장균군	-	-
	대장균	-	-
	진균수	-	-
	관능검사	652.83일(21.46월)	838.76일(27.58월)

실험에 의한 유통기한: 652.83일 (21.46개월)

상온 유통시 최종 유통기한
: 21.46 × 0.8 = 17.17 ≒ **17개월**
(652.83 × 0.8 = 522.26 ≒ **522일**)

<Figure 60. 유통기한 설정실험 의뢰 결과보고서 >

- 유통기한 설정실험 의뢰 결과, 15℃, 25℃, 35℃에서 저장기간 90일까지 일반세균, 대장균군, 대장균 모두 불검출로 확인되어 기준규격에 적합함을 확인하였음.

- 품질지표 중에서 결정계수가 가장 높은 관능검사 0차 반응식을 근거로 상온에서 유통할 시 유통기한은 21.46개월 (652.83일)로 산출되었음.

- 최종적으로, 과정 중의 안전을 고려하고자 안전계수 0.8을 곱하여 제품의 최종 유통기한의 경우 17개월 (522일)로 설정가능함을 인증 받음.

(나) 다양한 온도에서 12개월 자체저장 실험결과

<Table 43. 저장기간 90일간의 떡볶이 떡 일반세균 품질변화 결과>

저장기간 (일)	15℃	25℃	35	40℃
0	불검출			
15	불검출	불검출	불검출	불검출
30	불검출	불검출	불검출	불검출
45	불검출	불검출	불검출	불검출
60	불검출	불검출	불검출	불검출
75	불검출	불검출	불검출	불검출
90	불검출	불검출	불검출	불검출
2개월	불검출	불검출	불검출	불검출
4개월	불검출	불검출	불검출	불검출
6개월	불검출	불검출	불검출	불검출
8개월	불검출	불검출	불검출	불검출
10개월	불검출	불검출	불검출	불검출
12개월	불검출	불검출	불검출	불검출

<Table 44. 저장기간 90일간의 떡볶이 떡 대장균군 품질변화 결과>

저장기간 (일)	15℃	25℃	35	40℃
0	불검출			
15	불검출	불검출	불검출	불검출
30	불검출	불검출	불검출	불검출
45	불검출	불검출	불검출	불검출
60	불검출	불검출	불검출	불검출
75	불검출	불검출	불검출	불검출
90	불검출	불검출	불검출	불검출
2개월	불검출	불검출	불검출	불검출
4개월	불검출	불검출	불검출	불검출
6개월	불검출	불검출	불검출	불검출
8개월	불검출	불검출	불검출	불검출
10개월	불검출	불검출	불검출	불검출
12개월	불검출	불검출	불검출	불검출

<Table 45. 저장기간 90일간의 떡볶이 떡 대장균 품질변화 결과>

저장기간 (일)	15℃	25℃	35	40℃
0	불검출			
15	불검출	불검출	불검출	불검출
30	불검출	불검출	불검출	불검출
45	불검출	불검출	불검출	불검출
60	불검출	불검출	불검출	불검출
75	불검출	불검출	불검출	불검출
90	불검출	불검출	불검출	불검출
2개월	불검출	불검출	불검출	불검출
4개월	불검출	불검출	불검출	불검출
6개월	불검출	불검출	불검출	불검출
8개월	불검출	불검출	불검출	불검출
10개월	불검출	불검출	불검출	불검출
12개월	불검출	불검출	불검출	불검출

- 15℃, 25℃, 35℃에서 저장 기간 12개월까지 일반세균, 대장균군, 대장균 모두 검출되지 않았음.

- 또한, 베트남 수출과 같은 해외 수출 운송 기간을 고려하여 떡볶이 떡을 40℃에서 저장실험을 시작하였으며, 40℃ 실험은 강원대학교에서 자체적으로 90일 이후 2개월 간격으로 12개월 동안 저장실험을 진행하였음.

(3) 살균 후 품질 특성(색도, 조직감, 형상 분석, 관능평가) 검증

- 목적: 산미료 용액에 침지를 진행한 pH 4 떡볶이 떡 시료가 살균 후에도 기존의 pH 6 제품들과 동일한 품질 특성을 유지하는지 확인.

(가) 떡의 조직감 측정을 위한 새로운 방법 개발

목적:

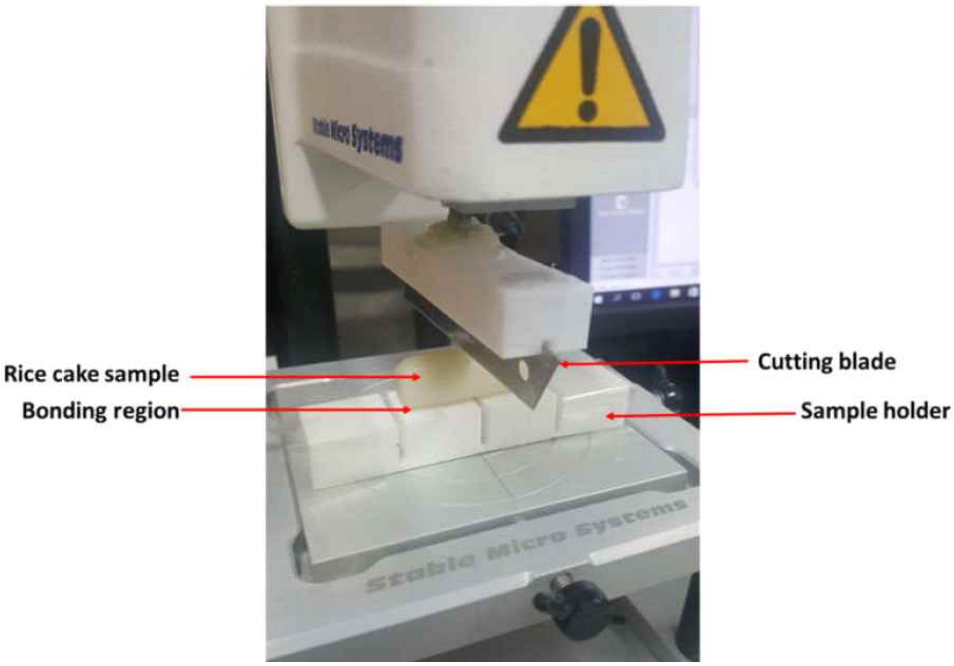
- 보편적인 TPA 측정 이외 떡을 절단할 시 발생하는 경도를 측정할 수 있는 새로운 측정 방법을 개발하고자 하였음.
- 특히 떡국 떡은 단면적이 넓고 두께가 얇은 형상의 특성으로 인하여 외부 환경에 떡이 노출되었을 때 조직감에 영향을 미칠 확률이 높으며 단순히 떡을 누르는 힘을 측정하였을 때 측정값의 오차가 크게 발생함.

- 따라서 단순히 떡을 누르는 힘을 측정하는 TPA 측정과는 달리 절단 측정 방법을 적용하여 실제로 씹고 절단할 때 발생하는 전단력을 측정하고자 하였음.

- 측정은 기존 TPA와 마찬가지로 조직감 측정기(TA.XT plus 100C, Stable Micro Systems LTD., Godalming, U.K)를 사용하였음.

과정:

- 떡 시료의 양 끝을 플라스틱으로 제조한 고정틀에 접착제(Loctite, Dusseldorf, Germany)로 고정한 후, 0.5 mm 굵기의 칼날(Model PMGA-EVO2, NT Incorporated, Osaka, Japan)을 이용하여 절단하였을 때 발생하는 조직감을 측정하였음.

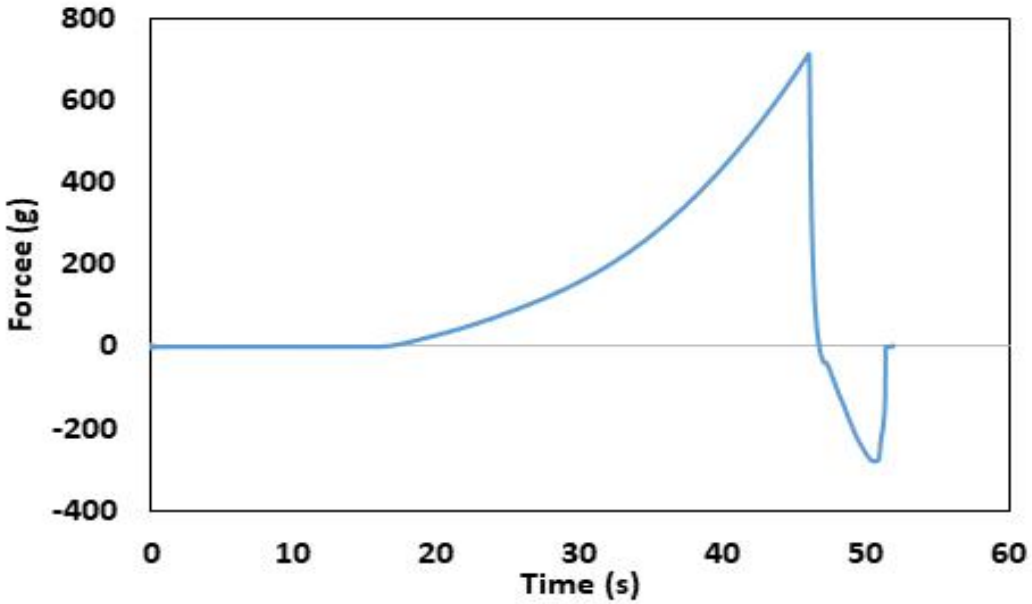


<Figure 61. 절단 기술을 통한 새로운 조직감 측정 방법 개발>

- 샘플 홀더는 조직감 측정 시 떡에 절단 날이 100% 침투할 수 있도록 설계되었음.

- 매 절단 마다 1번의 압축이 적용되고, 떡의 점착성을 효과적으로 판단하기 위해 절단 날이 원래 위치로 돌아갈 때 샘플 홀더에 떡을 붙게 하여 떡이 절단 날에 끌려가지 않도록 했다.

- 조직감 분석기는 0.5mm/s의 절단 속도와, 5.0mm/s의 post-test 속도로 설정하였음.



<Figure 62. 절단 테스트의 Force-time 곡선>

- force-time 곡선으로부터 절삭시험 중 떡의 경도를 압축 단계에서부터 최대 하중 도달한 것으로 구함.

- Modified-hardness(g)는 압축 단계에서 도달하는 최대 하중을 의미함(편의상 hardness(g)로 지칭함)

- 측정된 시료마다 버니어 캘리퍼를 사용하여 떡의 평균 두께(지름)를 측정하였고, 그 값을 기준으로 절단 공정 중 응력(Stress)이 결정됨.

$$Stress = \frac{shear\ \mathrm{force}}{contact\ area}$$

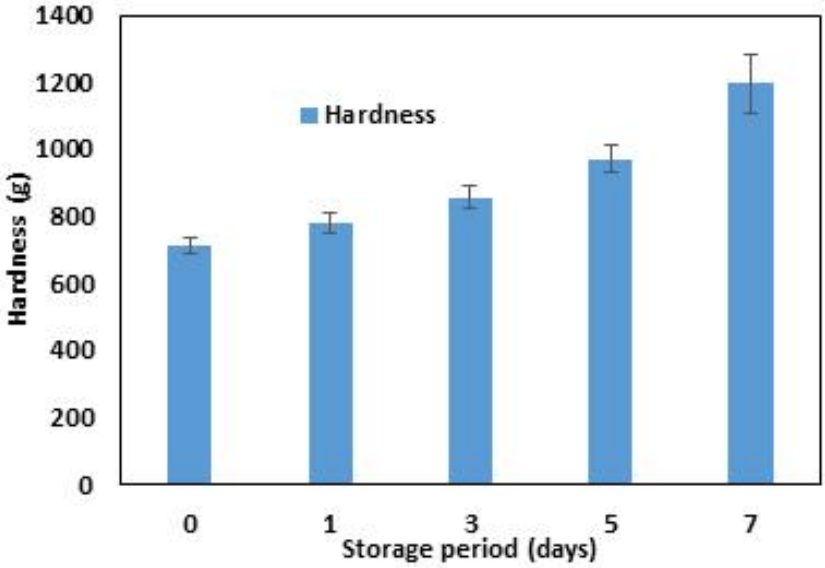
- 위의 조직감 분석기를 통해 얻은 Force-time 곡선으로부터, 0일부터 7일간의 경도와 응력값을 도출하였음.

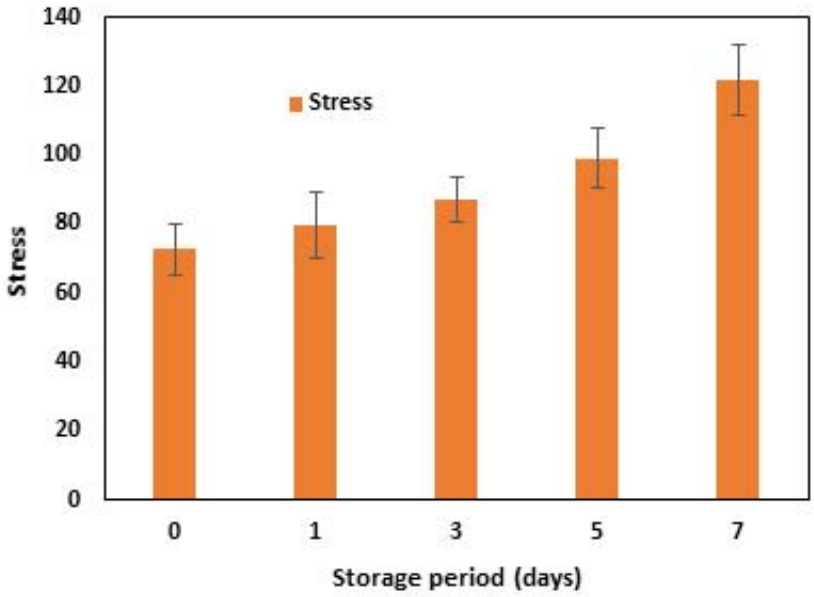
- 따라서, 새로운 절단 방법을 이용하여 실제로 떡을 씹고 절단할 때 발생하는 전단력을 측정할 수 있었음.

- 새로운 절단방법을 이용하여, 7일간 상온보관시 떡의 경도를 확인할 수 있었음.

- 저장기간이 증가함에 따라 경도 값이 증가하였음.

- 따라서 경도의 증가가 떡의 응력값에 영향을 미쳐, 마찬가지로 떡의 응력값이 저장 기간에 따라 증가하는 것을 볼 수 있음.





<Figure 63. 저장기간에 따른 경도 및 응력값>

(나) 살균 후 떡볶이 떡 품질 특성 확인

- 목적: 살균을 진행한 pH 4 떡들이 살균 후에도 기존의 제품군들과 유사한 품질 특성을 나타내는지 검증.
- 산미료(P.D.)에 침지하여 pH 4에 도달한 떡을 95℃의 항온수조에서 F_{95}=6과 F_{95}=12를 만족하는 시간동안 살균을 진행하였음.

① 살균 전후의 조직감

- 살균이 종료된 떡볶이 떡은 2주간 상온에서 보관하였으며, 이후 조직감 측정기(TA.XT plus 100C, TA.XT plus, MHK Trading Co., Bucheon, Korea)를 통해 조직감을 측정하였음.

<Table 46. 살균 이후 조직감 비교>

	Hardness(g)		
	살균 전	살균 후	
	-	F-6	F-12
1cm 떡볶이 떡	1267.84±97.54c	1410.29±32.75c	1595.66±172.28c
3cm 떡볶이 떡	3514.48±105.84a	3604.00±297.60a	3790.36±423.75a
떡국 떡	1845.42±262.51b	2335.28±360.08b	2278.12±250.67b

- 실험결과 살균 전후로 조직감의 유의적인 차이는 없음을 확인하였음.

② 살균 전후의 색도

- 살균 전과 살균 후 떡의 색차를 Minolta colorimeter (CR-400, Konica minolta Inc., NJ, U.S)를 통해 측정하여 비교를 진행하였음.

<Table 47. 떡의 살균 이전 색도>

	L	a	b
1cm	80.05±0.15a	-1.04±0.01c	12.52±0.09b
3cm	78.14±0.16b	-0.32±0.02a	13.80±0.07a
떡국 떡	80.05±0.31a	-0.59±0.03b	12.43±0.1c

<Table 48. 떡의 종류에 따른 살균 이후 색도 및 색차>

	F-6				F-12			
	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
1cm	77.84 ±0.16b	-0.32 ±0.02c	13.30 ±0.34b	3.38	76.42 ±0.22c	-0.57 ±0.01c	12.89 ±0.21b	3.69
3cm	76.50 ±0.33c	-0.48 ±0.01b	14.21 ±0.18a	1.68	77.12 ±0.10b	-0.61 ±0.04b	14.87 ±0.51a	1.51
떡국 떡	82.27 ±0.35a	-0.97 ±0.03a	12.19 ±0.09c	2.27	81.55 ±0.37a	-1.12 ±0.00a	11.04 ±0.28c	2.11

- 실험결과 pH4 떡 살균 시 명도의 저하 및 황색도의 증가로 인하여 색차가 확인되었음.

- 이는 일반적으로 색도 차이의 지표로 간주하는 5보다 작은 값임. 모든 실험군은 살균 후 4 이내의 ⊿E값이 도출되었음.

- 따라서 살균 이후의 색도는 살균 전 떡에 비해 품질상 유의미한 차이가 없음을 확인하였음.

③ 살균 전후 떡볶이 떡의 관능평가

- 살균 전과 살균 후의 떡볶이 떡의 품질 특성 중 소비자 기호도에 대한 항목을 평가하기 위하여 관능평가를 진행하였음.

- 관능평가 대상으로는 다양한 연령대 층의 일반인들로서 강원대학교 중앙도서관 뒤편에서 진행하였음.

- 관능검사는 상온 장기유통 떡볶이 떡 개발에 대한 설명을 진행한 후 실험군 A, B, C, D에 대한 전체적인 기호도에 대하여 7점 척도법으로 진행하였음.

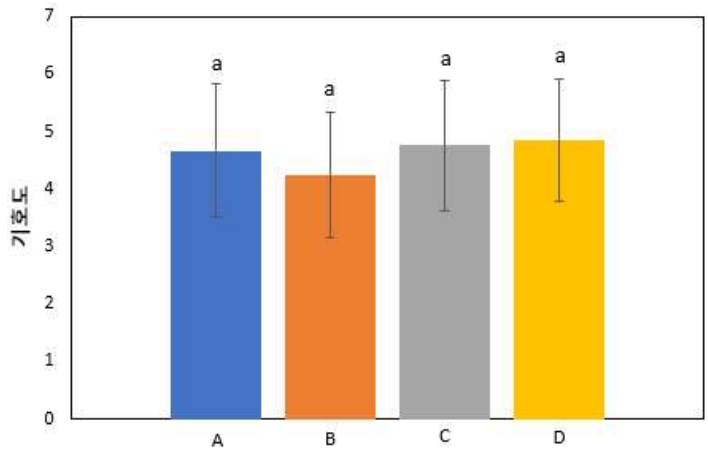
- 살균하지 않은 압출 떡을 대조군으로서 'A' 로 설정하였으며, 살균을 진행한 떡을 'B' 라고 지정하였음.

- 압출 떡의 조리 후 살균 유무에 대한 기호도를 알아보기 위하여 동일한 시판 떡볶이 양념을 이용하여 조리하였음. 살균하지 않고 조리한 압출떡을 'C' 로 설정하였으며, 살균을 진행하여 조리한 압출 떡을 'D' 라고 지정하였음.

- 7점 척도법을 이용하여 전체적인 기호도를 비교하였을 때 A 샘플은 4.67 ± 1.15 점, B 샘플은 4.24 ± 1.09점으로 2가지 샘플군에서 유의미한 차이가 나지 않았음.

- 떡을 동일한 양념으로 조리했을 경우, C 샘플은 4.76 ± 1.14점, D 샘플은 4.86 ± 1.06점으로 2가지 샘플군에서 유의미한 차이가 나지 않았음.

- 조리 이전 살균을 진행한 pH 4.0 떡의 경우 기호도가 가장 낮게 나타났지만, 전체적으로 살균을 진행한 떡과 진행하지 않은 떡 및 조리 이후 살균 유무에 관한 기호도는 유의미한 차이는 나지 않은 것으로 보아 살균 유무에 관계없이 소비자 기호도를 만족하는 것을 확인하였음.



<Figure 64. 압출떡의 살균 전후 기호도 평가 결과>

<Figure 65. 압출 떡의 살균 전후의 전체적인 기호도 관능평가 실시>

(다) 살균 후 떡볶이 떡 pH 확인

- 목적: 살균 후에도 떡볶이 떡이 pH 4를 유지하는지 확인

- 목표 pH를 살균 후 저장 단계에서도 유지하는지 확인하기 위해 침지를 통하여 pH4에 도달한 떡을 살균을 진행한 후 샘플의 pH를 측정하였음.

<Table 49. 살균 전후 pH 변화>

	pH		
	살균 전	살균 후	
	-	F-6	F-12
1cm 떡볶이 떡	4.02±0.01	4.18±0.08	4.24±0.11
3cm 떡볶이 떡	4.11±0.04	4.08±0.13	4.31±0.12
떡국 떡	3.97±0.11	4.06±0.06	4.10±0.24

- 실험결과 살균 후 떡의 pH는 유의미한 차이가 없음을 확인하였음.
- 이는 미생물의 생육 환경을 조절하여 유통기한 연장이 가능함을 의미함.

(4) 떡의 pH에 따른 살균도 변화 확인

- 목적: 떡의 살균 전 pH가 살균 이후 균수에 미치는 영향을 확인.

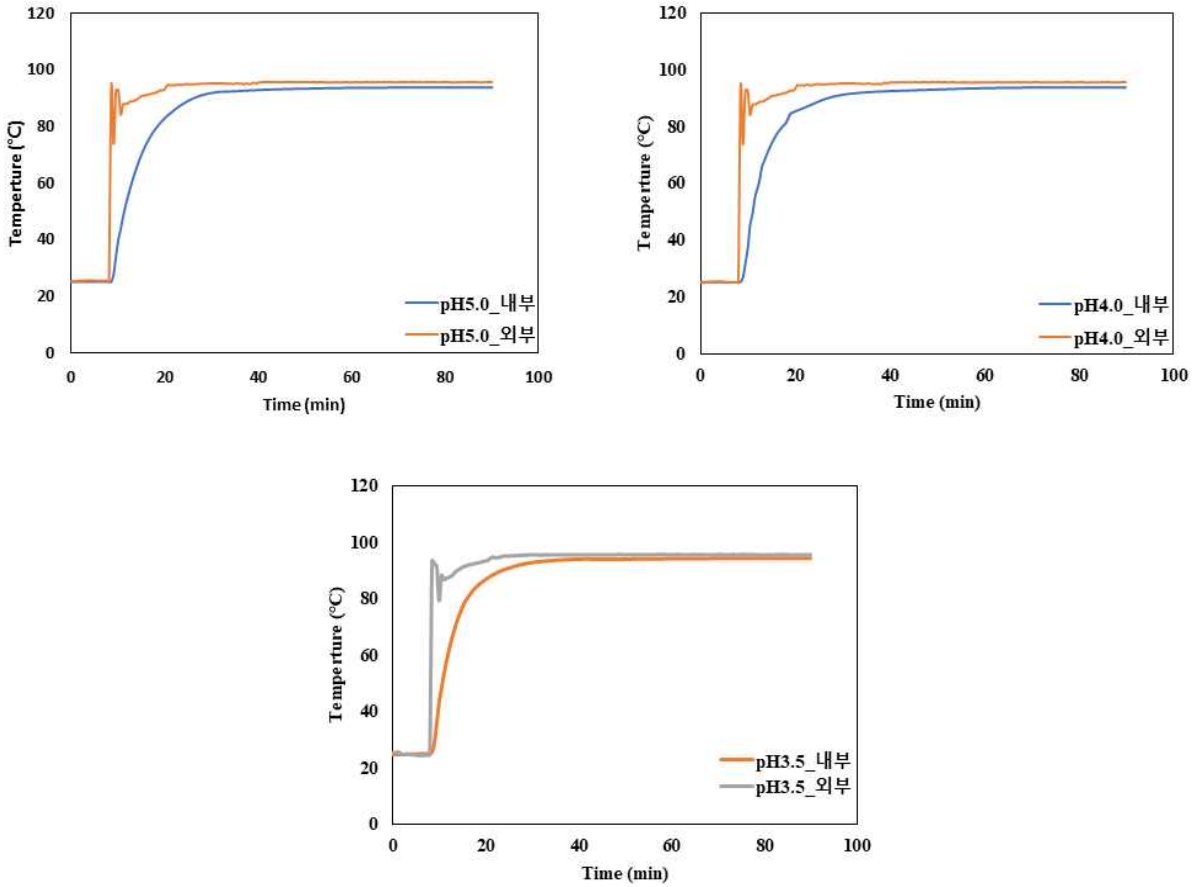
- 조절된 떡의 pH에 따른 열전달 속도의 차이로 인해 살균도가 달라질 수 있음.

- pH는 수소이온농도를 의미하며 이는 전도물질로 열전도에 영향을 줄 수 있음.

- 따라서 떡의 pH 변화에 따라 내부 온도의 변화 통해 F-value를 도출하여 pH가 떡의 살균도에 영향을 미치는지 확인하였음.

- pH에 따른 온도 변화를 비교하기 위하여 pH를 조절한 1cm 떡볶이 떡을 가열살균 실험을 진행하였음.

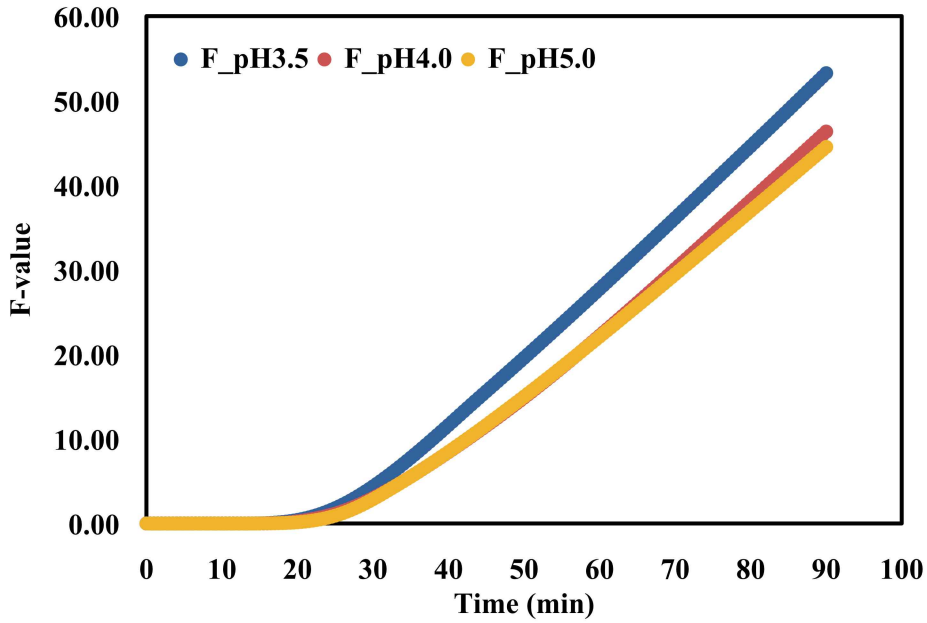
- 살균은 95℃의 조건에서 실시하였으며, F_{95}=6과 F_{95}=12를 만족하는 살균 시간을 도출하였음.



<Figure 66. 살균 진행 간 시간에 따른 떡 내부 온도 변화>

- 떡의 내부 온도 변화 측정 결과 pH 3.5의 떡볶이 떡이 다른 떡들에 비해 빠르게 최고 온도까지 도달함을 확인하였음.

- 시간의 변화에 따른 떡의 내부 온도의 변화를 통하여 F_{95}=6을 만족하기 위한 살균 시간을 도출하였음.



<Figure 67. 떡의 pH에 따른 F-value>

<Table 50. 떡의 pH에 따른 살균 시간>

F-value (min)			
	pH 3.5	pH 4.0	pH 5.0
F=6	34.5	37.0	37.0
F=12	43.5	48.0	48.5

- 실험결과 pH3.5 떡볶이 떡이 다른 실험군보다 목표 살균도에 5분 빠르게 도달함을 확인하였음.

- 하지만 떡의 pH를 4 이하로 낮추면 떡에 산미가 나는 문제가 발생함.

- 결론적으로 떡의 관능적 요소를 충족시키는 범위 이내인 pH4 이상에서 떡의 pH와 살균도는 유의적인 차이가 없음을 확인하였음.

(5) 샘플의 **B2B** 단량(1kg, 1.5kg)의 형상에 따른 냉점 분석과 목표살균도(F_{95}) 도출

-목적: B2B 단량에 따른 냉점 파악 후, 미생물 측정시 일반 세균류, 진균류, 대장균군 수를 0으로 하는 살균 필요 시간 도출.

(가) 샘플의 B2B 단량에 따른 냉점 파악

- 목적: 포장 단량별 냉점 파악을 통한 필요 살균 시간 확립
- 떡볶이 떡의 살균 시 외부의 열은 표면에서부터 내부로 전달이 되며, 이에 따라 온도가 가장 늦게 올라가는 냉점이 존재함.

- 냉점이 목표 온도에 도달한다면, 다른 부분은 이미 목표 온도 이상임을 나타냄.

- 따라서 냉점은 살균 온도의 기준점으로서 사용되며, 필수적으로 파악해야하는 요소임.

- pH 4의 떡볶이 떡을 포장재에 각각 1kg과 1.5kg 함기 포장 후 95℃의 항온수조에서 살균을 진행하며, 무선 온도 센서를 포장재 중심에 고정하여 살균 진행간 포장재 내부시료의 온도 변화를 확인하였음.

- 1kg 포장지 A와 B는 크기를 다르게 하여 수평면의 접촉면을 달리하였음. (Table 51.)

- 1kg A는 수평면이 전체 표면적의 57.14%, 1kg B는 수평면이 전체 표면적의 30.7%가 되어야함. 1.5kg 포장은 수평면의 비율을 1kgA와 동일하게 함.

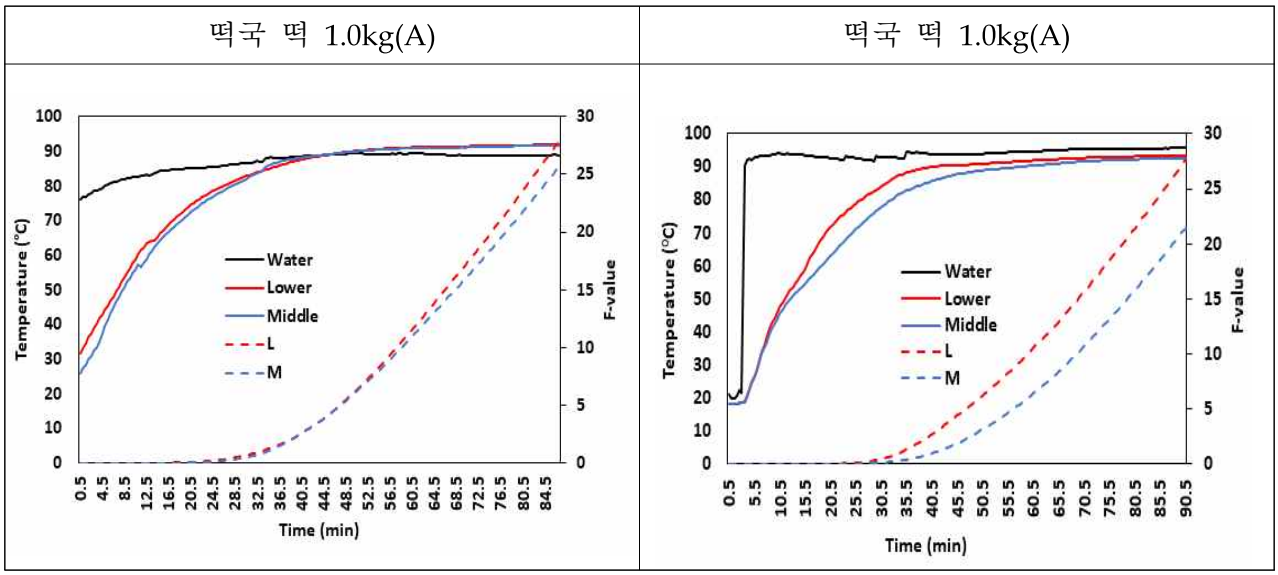
1kg A　　1kg B　　1.5kg

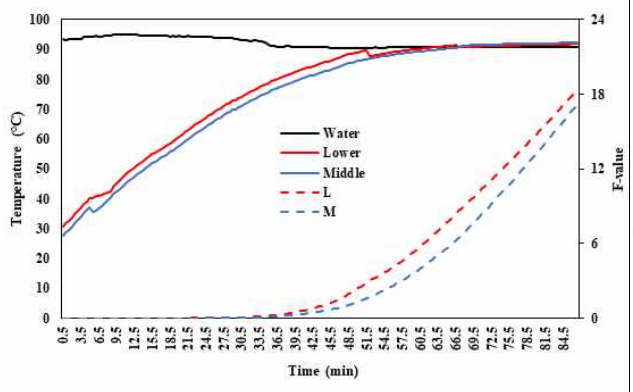
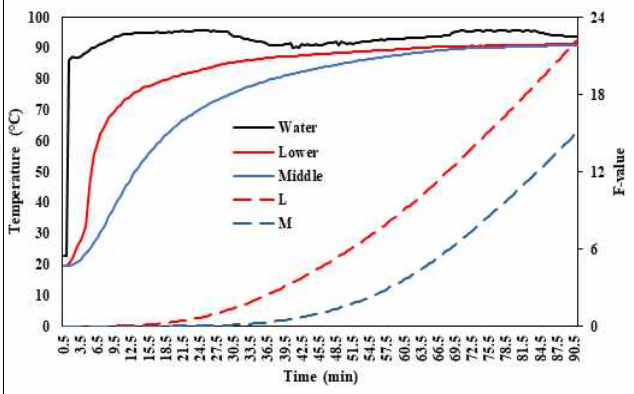
<Figure 68. 1kg의 떡을 각각 1.5kg(좌), 1.0kg(우) 단량으로 포장>

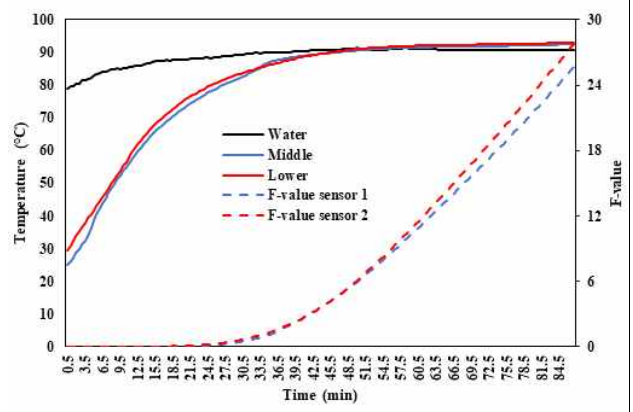
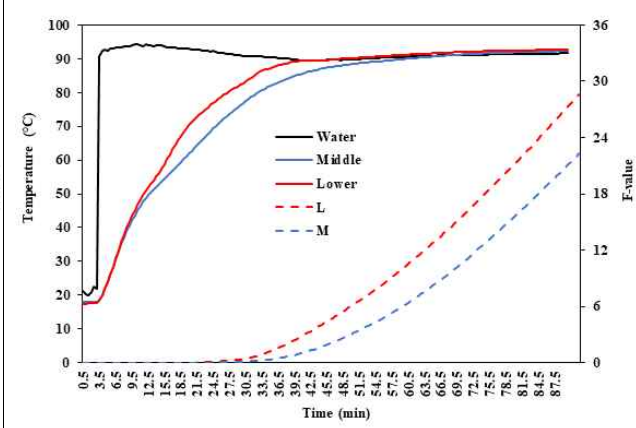
<Table 51. 각 포장재의 수치 및 면적 >

	1kg A	1kg B	1.5kg
높이(cm)	3.5	6.5	3.5
가로(cm)	26.5	22	26.5
세로(cm)	32	20	34.5
체적(cm^3)	2968	2860	3199.875
수평면적(cm^2)	1696	880	1828.5
수직면적1 (cm^2)	185.5	286	185.5
수직면적2 (cm^2)	224	260	241.5
총표면적(cm^2)	2105.5	1426	2255.5
Ratio	0.806	0.617	0.811

<Figure 69. 포장재의 단량 또는 면적을 달리하여 제작한 떡의 F-value 변화>



떡국 떡 1.0kg(B)	떡볶이 떡 1.0kg(B)
	

떡국 떡 1.5kg	떡국 떡 1.0kg
	

<Table 52. 포장재의 단량 또는 면적을 달리하여 제작한 떡의 최적살균시간>

	1kg(A) 포장재 (단위: 분)		1kg(B) 포장재 (단위: 분)		1.5kg 포장재 (단위: 분)	
	F-6	F-12	F-6	F-12	F-6	F-12
1cm 떡볶이 떡	62.00	69.50	62.00	69.50	50.00	60.00
떡국 떡	70.00	84.00	70.00	84.00	50.00	61.50

- 1kg(A) 와 1kg(B)는 동일한 양을 담고 있지만, 포장지의 수평면을 전체 표면적의 80%와 64%를 차지하므로 그 차이가 큼.

- 반면, 1.5kg 포장용기는 수평면적의 비율이 81%로 1kg(A)와 유사함 (Table 51.)

- 즉, 1.5kg 단량의 포장재의 경우 F_{95}=6, F_{95}=12의 값을 얻기 위해 살균하여야 하는 시간을 단축시킬 수 있고, 1kg 포장재에 비해 약 15분 정도가 단축되는 것을 볼 수 있음.

- 열침투곡선 (Figure 69.)을 보면 1kg(A) 와 1.5kg은 유사한 침투곡선을 보여주고 있으며 1kg(B)는 1kg(A)와 1.5kg보다 높은 열침투를 보여줌.

- 이를 바탕으로 F_{95}=6, F_{95}=12를 계산할 시 Table 52.과 같으며 1.5kg용량이 1kg(A)와 유사해 1kg(B)보다 짧은 것을 알 수 있음.

- 이는 포장재의 형상을 조절하여 가열시간을 조절하며 목표 살균도에 이를 수 있음을 보여줌.

(6) 다양한 산미료에서 떡의 굵기가 침지특성에 미치는 영향 분석

목적: 포장 단량 및 떡의 굵기를 달리하여 F_{95}=6을 만족하는 최적 살균조건 확인
떡의 굵기가 다양한 산미료에 따른 침지 특성에 미치는 영향

- pH 6인 기존 떡볶이 떡을 침지 용액에 침지하여 pH 4로 낮추어 줄 경우, 초기 균수 억제를 통해 유통기한의 연장에 기여가 가능함.

- 하지만 떡볶이 떡의 굵기는 1가지로 통일된 것이 아니며 다양한 종류가 존재하며, 굵기 및 산미료의 특성에 따라 침지 특성 또한 다를 것으로 예상.

- 따라서 떡의 굵기 및 산미료의 특성에 따른 침지 특성을 파악하고자 각각 1cm, 1.5cm, 3cm 떡볶이 떡과 3가지의 다른 산미료기반인 1)유기산 P.D., 2)인산염기반의 SPRX, 3)유기산과 인산염 혼합물인 SDP를 이용하여 침지 특성을 파악.

- 이때, 산미료의 농도는 P.D(3, 7%), SPRX(3, 7%), SDP(4.61%)로 하여 진행함.

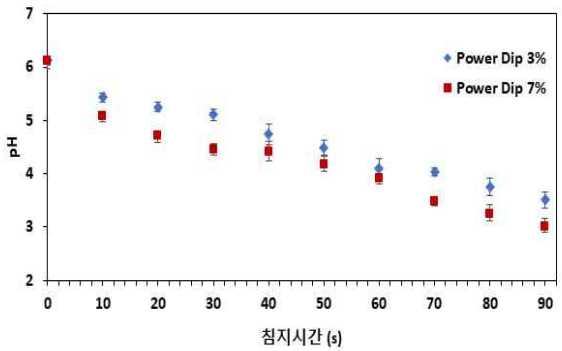
- 다양한 굵기의 떡볶이 떡을 침지 용액에 침지한 결과 시간의 변화에 따른 pH의 변화는 아래와 같음.

- 3%, 7% Power Dip: 2.48±0.06, 2.40±0.01
- 3%, 7% SPRX : 1.52±0.02, 1.31±0.01
- 4%, 6% SDP : 2.48±0.02, 2.41±0.2

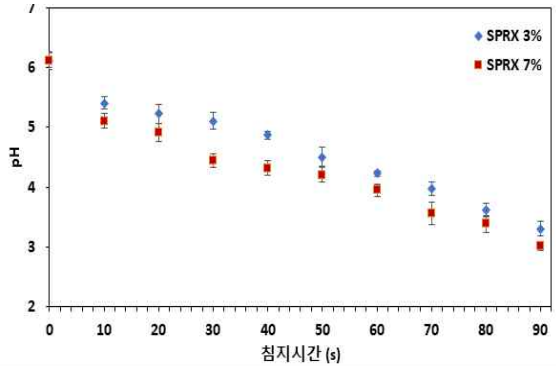
<Figure 70. 떡의 굵기 및 침지 용액에 따른 목표 pH 도달 시간>

A) 1cm 떡볶이 떡

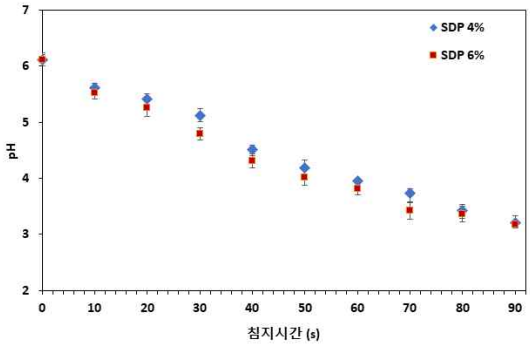
1cm 떡볶이 떡 (power dip)



1cm 떡볶이 떡 (SPRX)

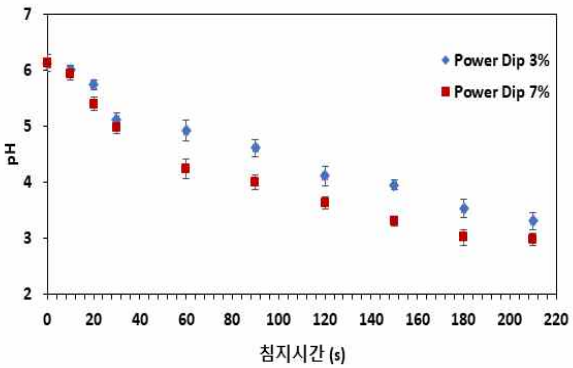


1cm 떡볶이 떡 (SDP)

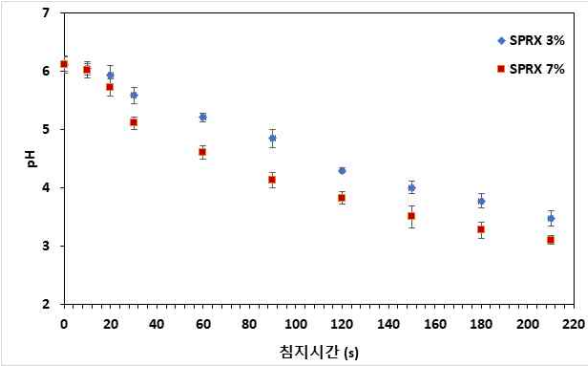


B) 1.5cm 떡볶이떡

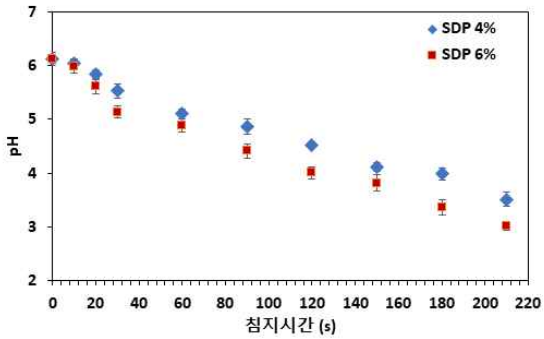
1.5cm 떡볶이 떡 (power dip)



1.5cm 떡볶이 떡 (SPRX)

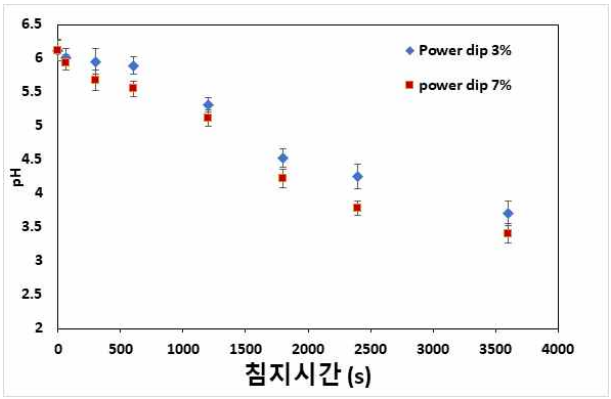


1.5cm 떡볶이 떡 (SDP)

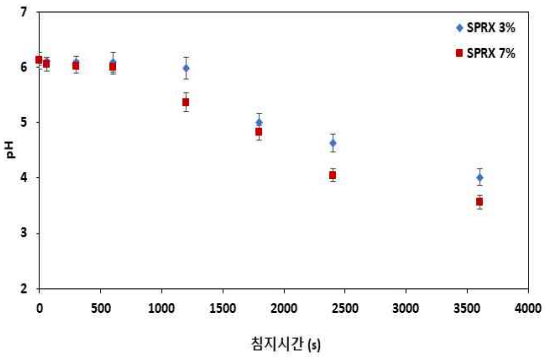


C) 3cm 떡볶이떡

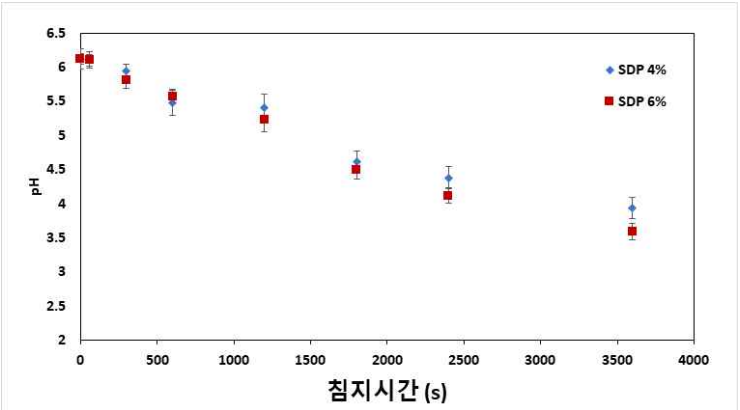
3cm 떡볶이 떡 (power dip)



3cm 떡볶이 떡 (SPRX)



3cm 떡볶이 떡 (SDP)



- 인산염 기반의 SPRX는 pH 4.0에 도달하는 시간이 상대적으로 늦음.

- 이는 점도가 높은 것으로 단명됨.

(7) 떡의 굵기에 따른 최적 살균시간 도출(F_{95}=6)

- 목적: 95℃의 살균조건에서 F_{95}=6을 만족하는 떡의 굵기에 따른 살균시간 도출

- 떡의 경우 고온 살균 시 형상과 식품 풀질의 손상을 유발할 수 있기 때문에 보다 낮은 온도에서 긴 시간을 처리하여 목표 F-value를 달성해야 함.

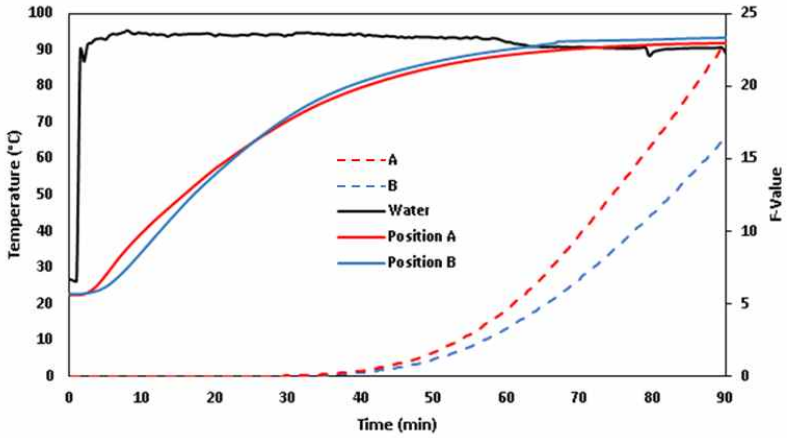
- 따라서, 95℃에서 살균을 진행할 때의 F_{95}=6을 만족하는 굵기에 따른 살균 시간을 도출해야 함.

- 침지 용액에 침지를 진행한 pH 4 떡볶이 떡을 함기 포장 후, 포장재에 무선 온도 센서를 부착하여 95℃의 항온수조에서 2시간동안 살균을 진행하였음.

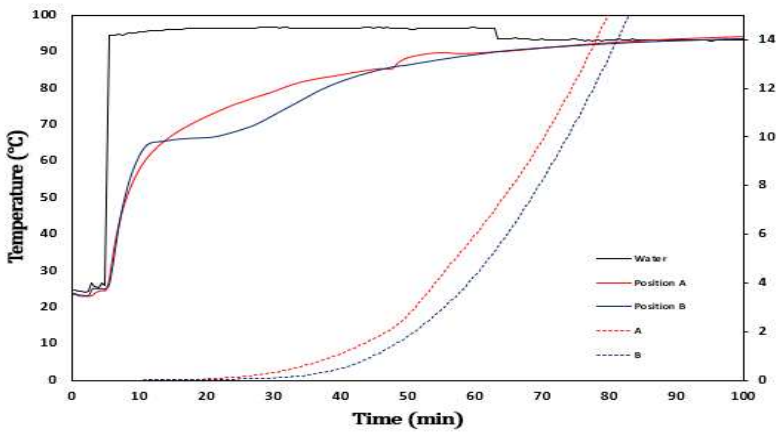
- 부착된 무선 온도 센서를 통하여 살균 진행 시의 포장재 내부의 온도 변화를 확인하였음.

<Figure 71. 살균 진행 시의 시간의 변화에 따른 포장재 내부 온도 변화>

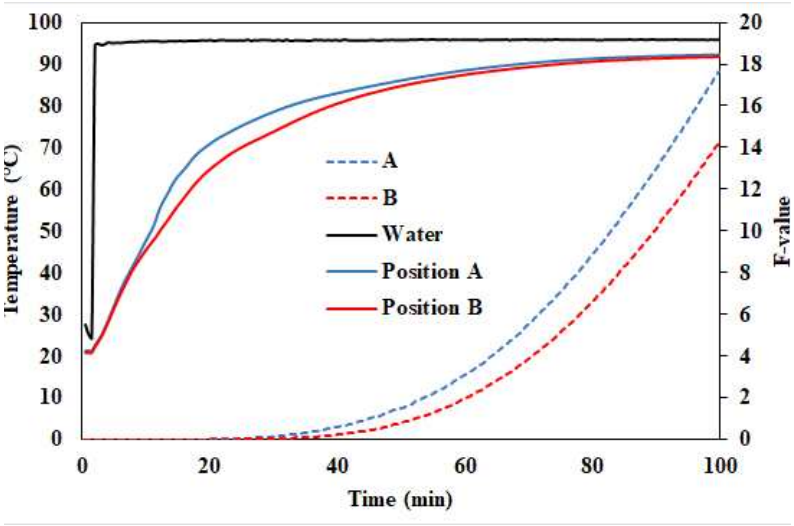
1.0cm 떡볶이 떡 (1kg)



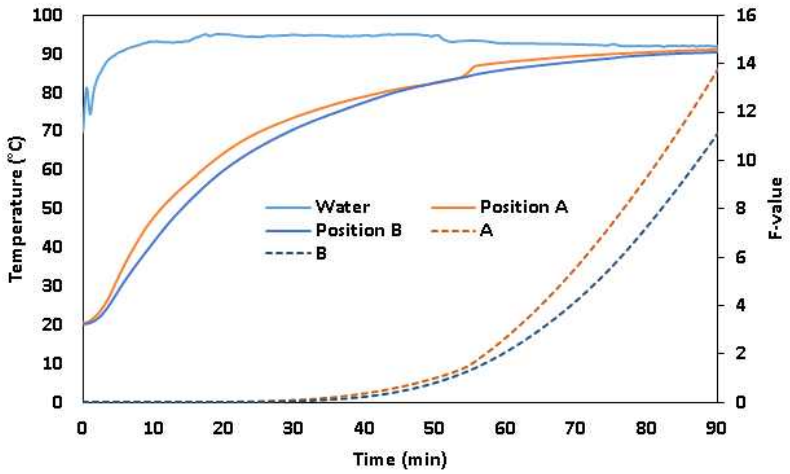
1.5cm 떡볶이 떡 (1kg)



3cm 떡볶이 떡 (1kg)



떡국 떡 (1kg)



- 살균 시간에 따른 포장재 내부 온도를 살균도 방정식에 대입하여 F_{95}=6을 만족하는 살균 시간을 확인하였음.

<Table 53. 떡의 종류 및 포장 단량에 따른 최적 살균 시간>

	1kg 포장재 (단위: 분)	
	F-6	F-12
1cm 떡볶이 떡	62±0.5	70±1.0
1.5cm 떡볶이 떡	60±1.0	75±1.0
3cm 떡볶이 떡	56±1.0	71±0.5
떡국 떡	70±0.5	84±0.5

(8) 산침지-살균된 떡의 품질 특성(물성, 색도, 형상분석, 관능평가 등) 평가

- 목적: 품질 특성의 변화를 최소화하면서 F_{95}=6을 만족하는 살균기술 개발 및 살균시간 도출

(가) 품질 특성 측정

- 목적: 95℃에서 살균을 진행한 떡의 품질 특성 확인

- 95℃에서 살균을 진행한 떡과 일반적인 고온 살균(120℃)을 진행한 떡의 물성, 색도, 관능평가를 통해 비교를 진행하였음.

- 살균 전과 살균 후 떡의 조직감을 조직감 측정기(TA.XT plus 100C, TA.XT plus, MHK Trading Co., Bucheon, Korea)를 통해 측정하여 비교를 진행하였음.

<Table 54. 떡의 종류 및 살균도에 따른 살균 이후 조직감 변화>

	Hardness(g)		
	살균 전	살균 후	
	-	F-6	F-12
1cm 떡볶이 떡	1267.84±97.54^{c}	1410.29±32.75^{c}	1595.66±172.28^{c}
3cm 떡볶이 떡	3514.48±105.84^{a}	3604.00±297.60^{a}	3790.36±423.75^{a}
떡국 떡	1845.42±262.51^{b}	2335.28±360.08^{b}	2278.12±250.67^{b}

- 떡의 굵기 및 형상에 따라 F=6, F=12 살균 후 조직감은 살균 전 조직감과 유의적인 차이는 존재하지 않음.

- 살균 전과 살균 후 떡의 색차를 Minolta colorimeter (CR-400, Konica minolta Inc., NJ, U.S)를 통해 측정하여 비교를 진행하였음.

<Table 55. 떡의 살균 이전 색도>

	L	a	b
1cm	80.05±0.15	-1.04±0.01	12.52±0.09
3cm	78.14±0.16	-0.32±0.02	13.80±0.07
떡국 떡	80.05±0.31	-0.59±0.03	12.43±0.1

<Table 56. 떡의 종류에 따른 살균 이후 색도 및 색차>

	F-6				F-12			
	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
1cm	77.84 ±0.16[c]	-0.32 ±0.02[a]	13.30 ±0.34[b]	3.38	76.42 ±0.22[c]	-0.57 ±0.01[a]	12.89 ±0.21[b]	3.69
3cm	76.50 ±0.33[b]	-0.48 ±0.01[b]	14.21 ±0.18[a]	1.68	77.12 ±0.10[b]	-0.61 ±0.04[a]	14.87 ±0.51[a]	1.51
떡국 떡	82.27 ±0.35[a]	-0.97 ±0.03[c]	12.19 ±0.09[c]	2.27	81.55 ±0.37[a]	-1.12 ±0.00[b]	11.04 ±0.28[c]	2.11

- 실험 결과 모든 실험군의 살균 이후 색도는 살균 이전 색도에 비해 명도의 저하로 인한 색차가 발견되었으나 색차가 5이하로 유의미한 차이는 없다고 판단함.

- 또한, 이는 점도가 높은 것으로 인산염기반의 SPRX는 pH 4.0에 도달하는 시간이 상대적으로 늦음.

(9) B2B용 떡국떡의 최적 살균시간 도출 (F_{95}=6)

▪ **배경**

- 떡국떡은 형상이 떡볶이떡과 다르므로 살균시 열침투곡선이 다를 수 있기 때문에 이를 비교 평가하고자 함.

▪ **목적**

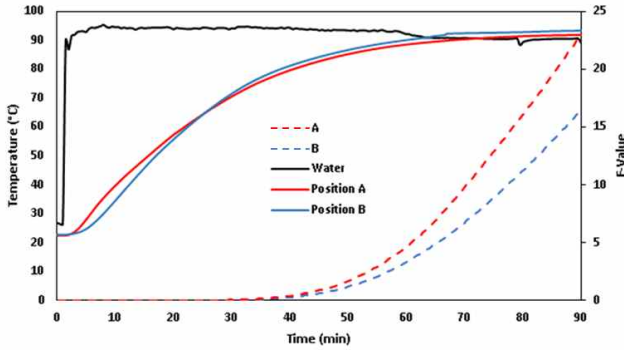
- B2B(1kg, 1.5kg) 용량의 떡국떡의 최적 살균시간 도출

▪ **내용 및 결과**

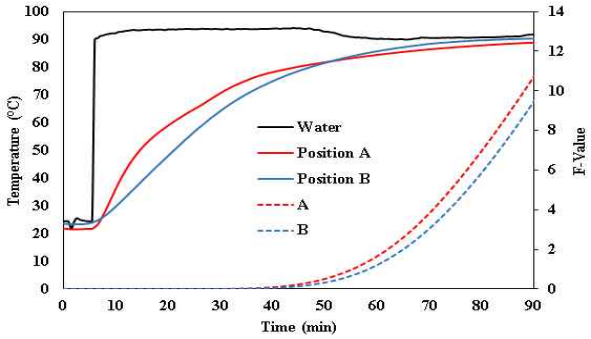
- 산미료에 침지하여 pH 4를 나타내는 굵기가 각각 1cm, 1.5cm, 3cm인 떡볶이 떡과 떡국 떡을 B2B 단량인 1kg와 1.5kg에 함기 포장 후, cold point로 예상되는 포장재 중심에 무선 온도 센서를 부착하여 95℃의 water bath에서 2시간 동안 살균을 진행하였음.

- 무선 온도 센서를 통해 2시간 동안 포장재 내부의 온도 변화를 확인하였으며, 95℃에서 F_{95}=6의 살균도를 만족하는 살균시간을 도출하였음.

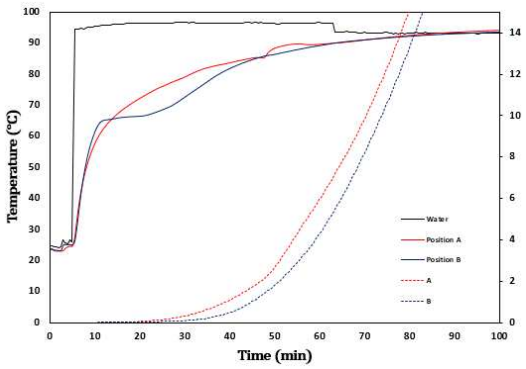
1.0cm 떡볶이 떡 (1kg)



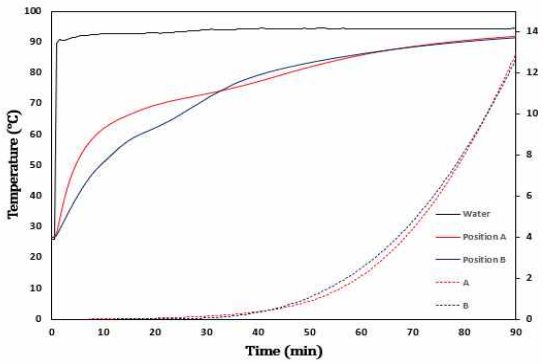
1.0cm 떡볶이 떡 (1.5kg)



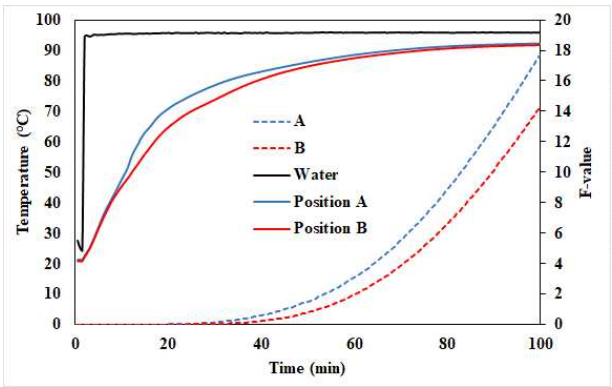
1.5cm 떡볶이 떡 (1kg)



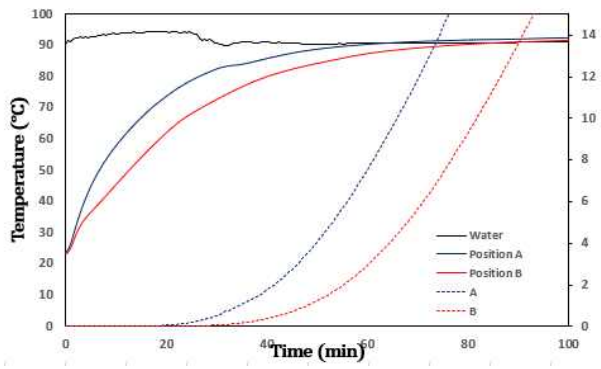
1.5cm 떡볶이 떡 (1.5kg)



3cm 떡볶이 떡 (1kg)



3cm 떡볶이 떡 (1.5kg)

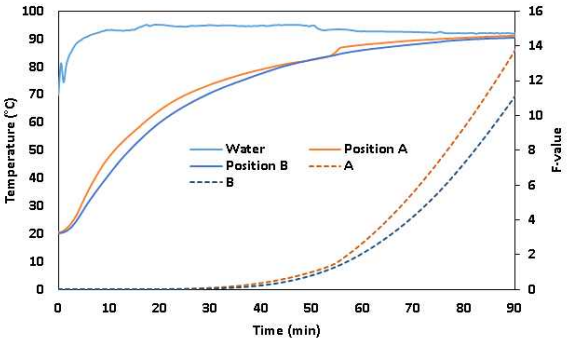


<Figure 72. 떡의 종류 및 포장 단량이 다른 샘플의 시간에 따른 F-value 변화>

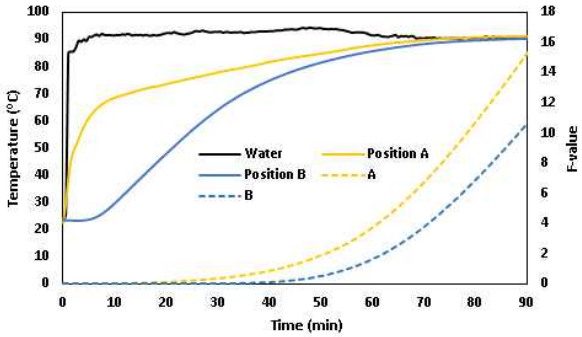
<Table 57. 떡의 종류 및 포장 단량에 따른 최적 살균 시간>

	1kg 포장재 (단위: 분)		1.5kg 포장재 (단위: 분)	
	F-6	F-12	F-6	F-12
떡국 떡	70	84	77	93

떡국 떡 (1kg)



떡국 떡 (1.5kg)



DE GRUYTER International Journal of Food Engineering. 2019; 20180055

Hyeon W. Park[1,2] / Myeong G. Lee[1,2] / Jae W. Park[2] / Won B. Yoon[1]

Developing an Accurate Heat Transfer Simulation Model of Alaska Pollock Surimi Paste by Estimating the Thermal Diffusivities at Various Moisture and Salt Contents

[1] Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Kangwondaehak-gil 1, Chuncheon Gangwon-do 200-701, Korea (the Republic of), E-mail: hwpark0978@gmail.com, mglee530@gmail.com, wbyoon@kangwon.ac.kr
[2] Oregon State University, OSU Seafood Research and Education Center, 2001 Marine Dr. #253 Astoria, USA, E-mail: hwpark0978@gmail.com, mglee530@gmail.com, jae.park@orst.edu

- 위 연구 내용 중 '살균 시 냉점 도출을 위한 컴퓨터 시뮬레이션'에 대한 연구의 결과를 통해 'Developing an Accurate Heat Transfer Simulation Model of Alaska Pollock Surimi Paste by Estimating the Thermal Diffusivities at Various Moisture and Salt Contents'으로 논문화 되었음.

◆ **포장 가공기술 연구**

● **배경**

- 포장재의 산소 투과도 측정을 통한 적합한 포장재 선정

- 포장재의 불량률 최소화를 위한 최적 실링시간 및 조건 도출

- 초기 미생물의 오염도 및 탈산소제의 효과 검증

● **연구개발 목적**

- 미생물 생장 억제를 위한 적절한 포장재 선정, 불량률 최소화를 위한 최적 실링시간 도출, 탈산소제 효과 유무 등의 연구를 통해 최적의 포장 가공기술을 도출함.

● **연구개발 수행내용 및 결과**

(1) 함기 포장 후 가열살균 조건의 문제점인 살균 시 포장재 불량률 최소화를 위한 최적 실링 조건 도출

(2) 초기 미생물 오염도와 탈산소제효과 검증

● **연구 수행 내용 및 결과**

(1) 포장재 종류에 따른 인장도 변화

▪ **연구수행 내용:**

- 떡볶이 떡은 F_{95} = 6분의 살균 공정을 거치면서 포장재가 고온에서 풍선처럼 포장재 내부에 공기가 차는 현상이 있으며 포장재의 실링 정도가 적절하지 않으면 살균 시 포장재의 실링 부분이 터지는 현상이 발생함.

- 95℃의 살균 조건에서 포장재는 3~4cm 정도 부풀어 오르고, 최대 5 cm 까지 부풀어 오르는 것을 확인 하였으며, 이를 바탕으로 샘플의 최대 변형은 50mm로 결정하였음.

- 실질적으로 중앙부분의 높이가 최대 50mm인 샘플의 사각형 포장지는 타원형으로 형상이 변화되어 실제 접합부위의 변형이 최대 변형보다 작게 이루어짐.

- 이를 바탕으로 실링시간을 조절한 접합 부위와 포장재의 강도를 비교하여 최대 접합강도를 나타내는 실링시간을 도출하였음.

- 인장력 측정 시 target distance를 50.00 mm (= 5 cm)로 하여 상대적인 인장강도를 측정하였음.

<Figure 73. 95 ℃ 살균 시 포장재가 부풀어 오르는 형상 및 포장재의 인장력 측정 방법 (A)과 측면에서 바라본 부풀어 오른 포장재의 형상 (B)>

- 위와 같이 뜨거운 공기에 의하여 부풀어 오르는 현상에 적합한 포장재를 도출하고자 포장재 종류 혹은 두께를 달리하여 실링 시간(1, 3, 5, 7, 9초)에 따른 포장재의 인장도에 따른 파열힘과 파열가능한 최대확률을 구하였으며, 이를 바탕으로 최대접합강도를 나타내는 실링타임을 포장재별로 설정하였음.

- 단, 파열가능한 최대확률은 실제로 50mm의 극단적인 변형을 주는 조건에서의 발생치로, 실제 살균 시에는 사각형이 타원형으로 형상변화가 일어나므로 실제 변형으로 인한 접합부위의 파손은 10mm 이하임.

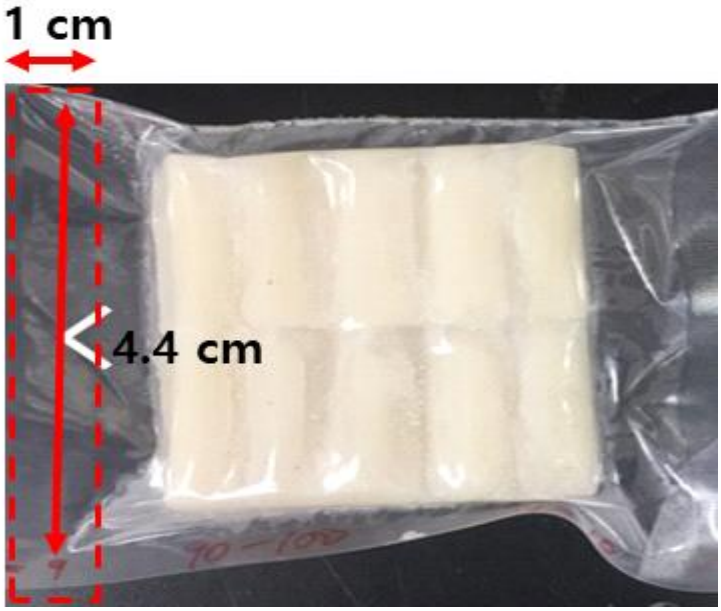
- 파손가능한 최대확률은 실링타임에 따른 최대접합강도를 구하기 위해 사용되었음.

<Table 58. 인장도 실험에 사용된 포장재 종류 및 두께>

A	나일론 80
B	나일론 90
C	나일론+옥텐LLD 75
D	옥텐 80-85

- 인장도 측정은 조직감 측정 기기(TA.XT plus 100, Stable Micro Systems, UK, Godalming) 를 통하여 tensile test를진행 하였으며, 측정 조건은 pre-test speed 1.00 mm/s, test speed 2.00 mm/s, post-speed 10.00 mm/s, target distance 50.00 mm로 진행하였음.

- 샘플은 Table 58.에 있는 포장재 종류를 모두 너비 1 cm, 길이 4.4c m로 하였으며 길이는 실링 부위를 포함하지 않는 부분의 길이를 뜻함.



<Figure 74. 포장재의 인장도 실험을 위한 샘플 크기>

- Tensile test를 통하여 실링된 부분이 파열되는 fracture force를 측정하였으며, A-D의 실링 시간에 따라 각 샘플 당 13반복씩 진행하였을 때 접합 부분(실링된 부분)이 파괴되는 최대 확률(Probability of breakage at sealing time)을 비교하였음

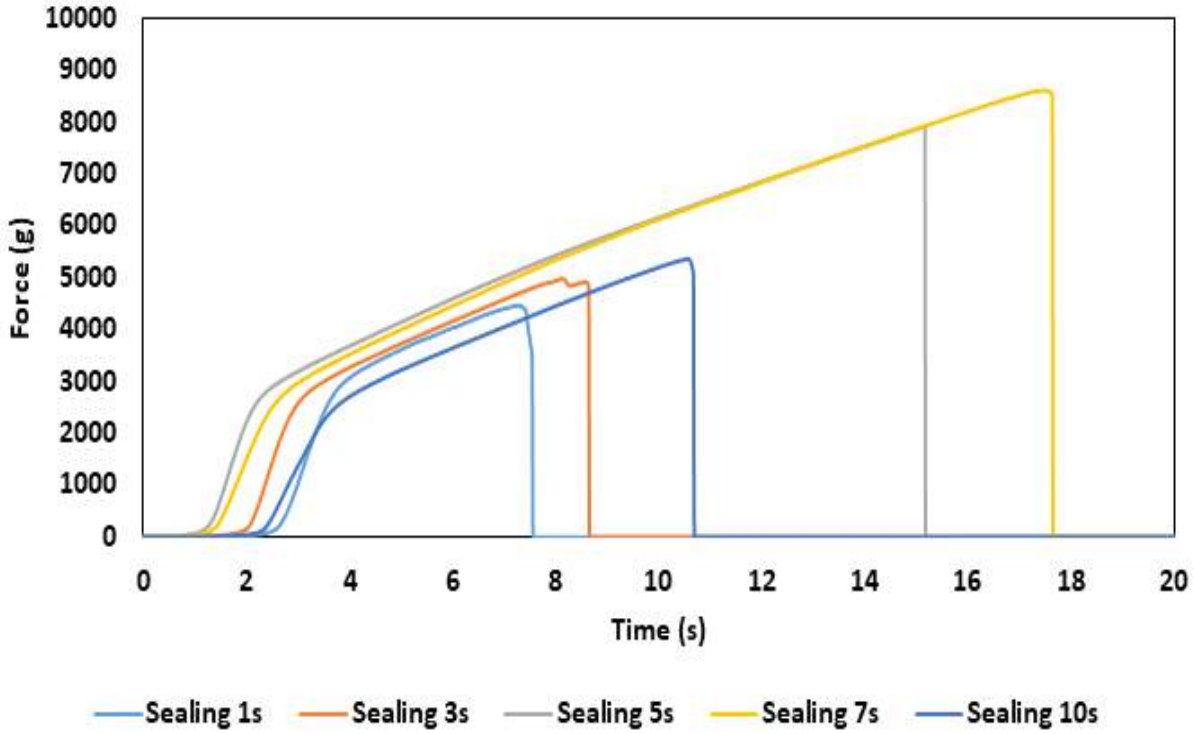
- 또한, 특정 실링 시간(3, 7, 10초)에서 포장재 A~D에 인장력이 가해졌을 때 특정 길이에서 접합부분(실링 부분) 혹은 접합 되지 않은 이외의 부분에서 파괴는 확률(maximum probability of breakage at specific displacement)를 비교하였음

▪ **연구결과:**

- A 포장재(나일론 80), B 포장재(나일론 90), C 포장재(나일론+옥텐LLD 75), D 포장재(옥텐 80-85)의 실링 시간(sealing time)에 따라 포장재가 파괴 되기까지 필요한 힘인 fracture foce (N)는 다음과 같음

- 초기 힘의 가파른 증가가 일어나는 시점은 포장재질의 물성과 함께 포장재질의 두께에 따라 차이가 생김. 본 연구에서는 초기 측정 시간부터 파손되는 시간까지를 측정하여 비교하였음.

- A 포장재의 경우 7초 실링을 하였을 때 가장 높은 fracture force 인 70.46N을 나타내었으며, 총 샘플 13개 중 접합 부분(실링부분)이 파괴되는 샘플은 2개로서 최대파손 확률은 15.38%으로 가장 강한 접합강도를 나타내었음.

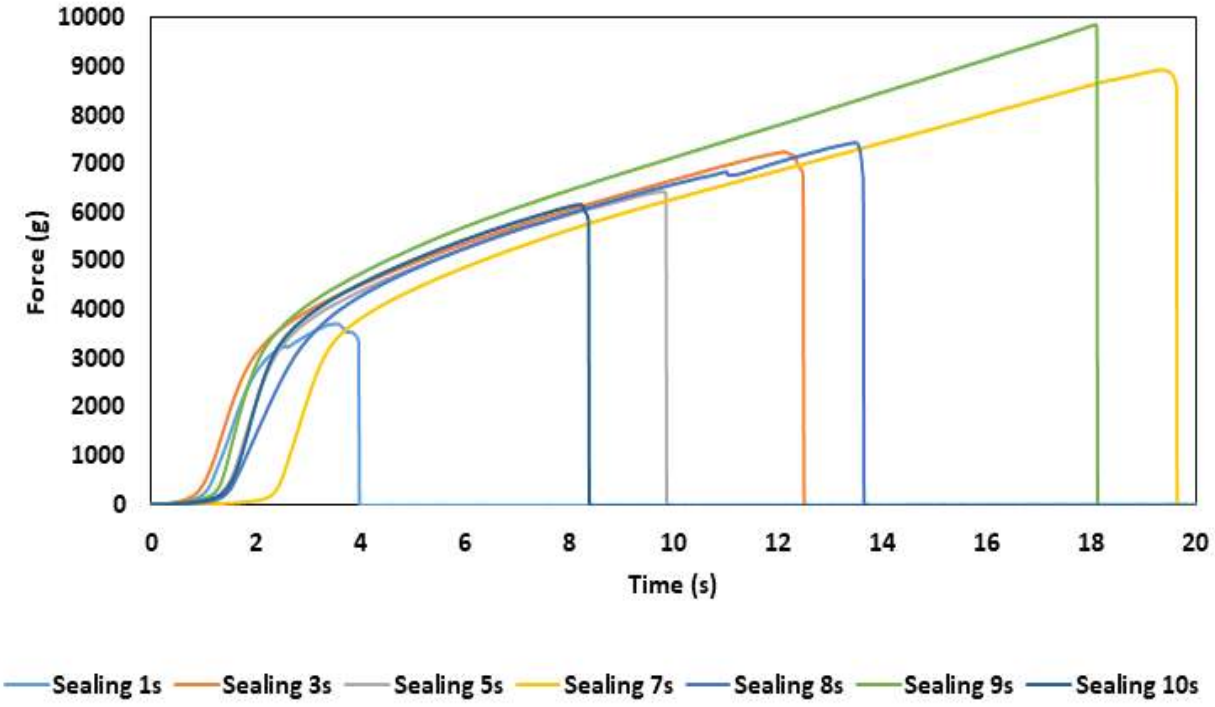


<Figure 75. A 포장재의 인장도에 따른 fracture force 변화>

<Table 59. A 포장재의 실링 시간에 따른 fracture force 와 접합 부분(실링 부분)에서 실링이 파괴되는 확률>

Sealing time (s)	Average Force(N) ± Standard deviation	Coef. of Variation	Fracture time (s)	Maximum probability of breakage (%)at sealing point
1	41.77 ± 13.54^{c}	15.78	7.56±0.81^{c}	100
3	56.01 ± 5.02^{b}	8.96	9.68±0.68^{b}	92.31
5	72.20 ± 11.27^{a}	15.61	13.62±0.78^{a}	69.23
7	70.46 ± 7.27^{a}	10.32	14.36±0.56^{a}	15.38
10	59.06 ± 6.53^{b}	11.06	11.55±61^{b}	38.46

- B 포장재의 경우 9초 실링을 하였을 때 가장 높은 접합강도를 나타내었음.

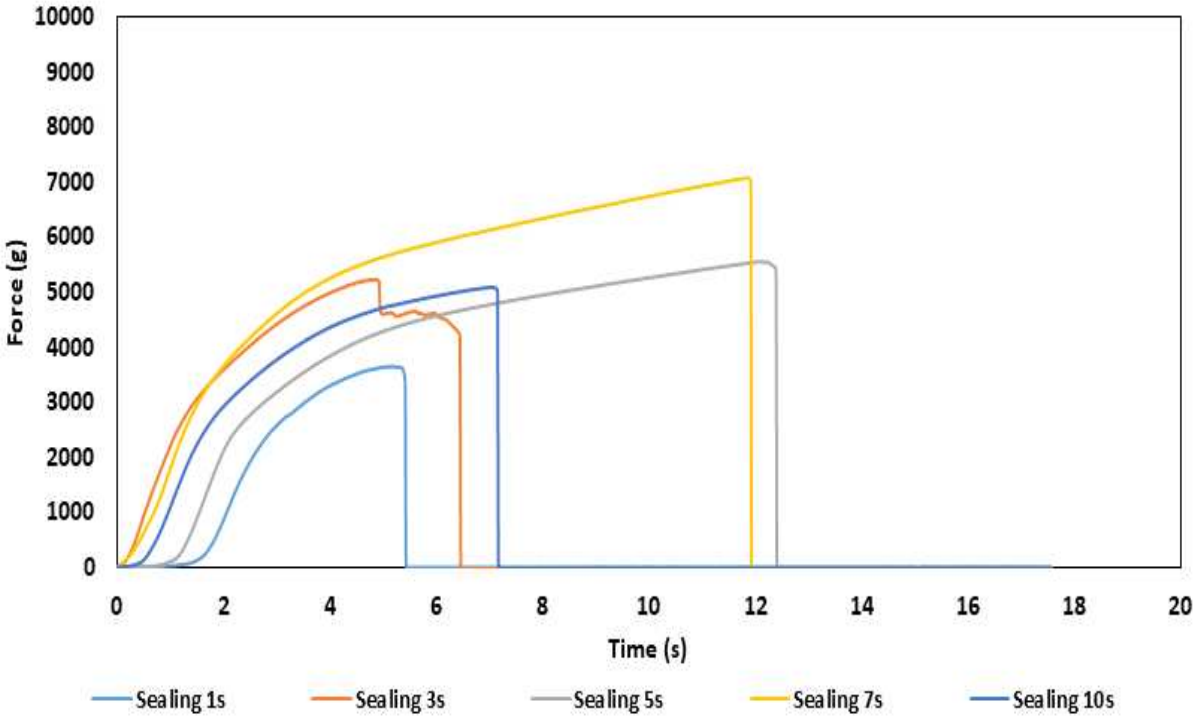


<Figure 76. B 포장재의 인장도에 따른 fracture force 변화>

<Table 60. B 포장재의 실링 시간에 따른 fracture force 와 실링이 파괴되는 확률>

Sealing time (s)	Average Force(N) ± Standard deviation	Coef. of Variation	Fracture time(s)	Maximum probability of breakage (%)at sealing point
1	47.69 ± 21.83^{c}	45.77	6.79±0.43^{c}	100
3	58.42 ± 15.12^{ab}	25.87	8.94±0.67^{c}	92.31
5	66.51 ± 12.33^{ab}	18.54	11.42±0.56^{b}	84.62
7	74.96 ± 11.67^{a}	15.31	16.03±0.38^{a}	61.54
8	76.20 ± 10.92^{a}	14.57	14.13±0.59^{ab}	46.15
9	78.08 ± 15.16^{a}	19.42	14.29±0.63^{ab}	23.08
10	63.18 ± 15.22^{ab}	24.09	10.15±0.81^{b}	61.54

- C 포장재의 경우 7초 실링을 하였을 때 가장 높은 접합강도를 나타내었음.

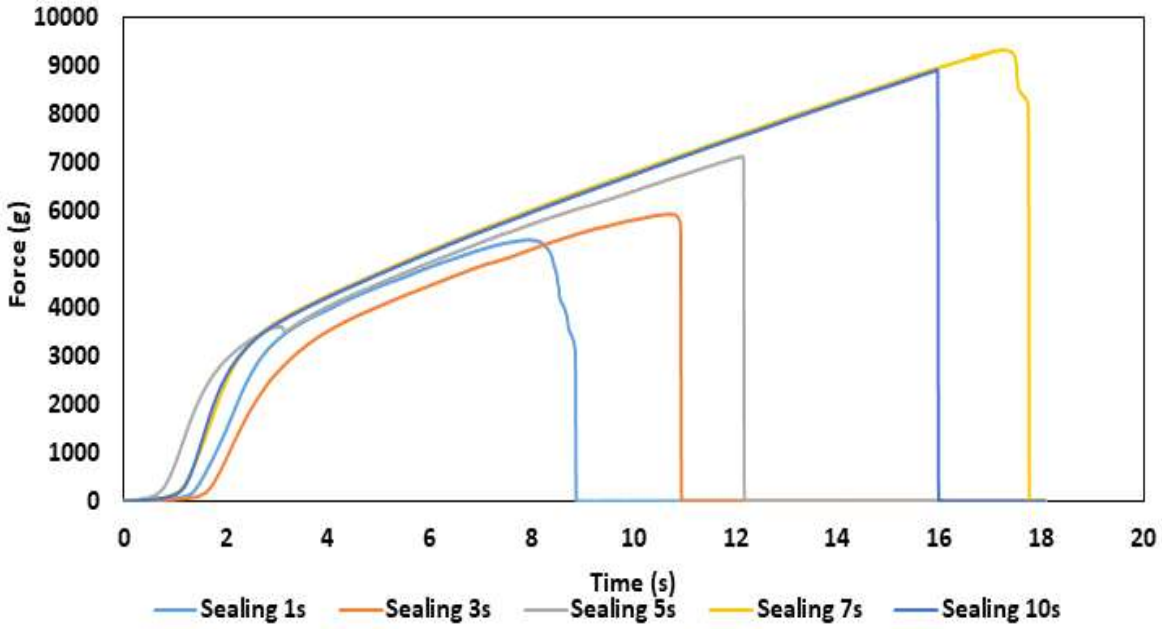


<Figure 77. C 포장재의 인장도에 따른 fracture force 변화>

<Table 61. C 포장재의 실링 시간에 따른 fracture force 와 실링이 파괴되는 확률>

Sealing time (s)	Average Force(N) ± Standard deviation	Coef. of Variation	Fracture time(s)	Maximum probability of breakage (%)at sealing point
1	36.88 ± 5.00^{b}	13.56	4.78±0.21^{c}	100
3	59.68 ± 9.04^{a}	15.14	9.26±0.36^{b}	76.92
5	63.93 ± 11.37^{a}	17.79	11.49±0.63^{a}	46.15
7	64.42 ± 7.30^{a}	11.34	12.00±0.47^{a}	30.77
10	60.30 ± 8.63^{a}	14.31	9.36±0.59^{b}	46.15

- D 포장재의 경우 7초 실링을 하였을 때 가장 높은 접합강도를 나타내었음.



<Figure 78. D 포장재의 인장도에 따른 fracture force 변화>

<Table 62. D 포장재의 실링 시간에 따른 fracture force 와 실링이 파괴되는 확률>

Sealing time (s)	Average Force(N) ± Standard deviation	Coef. of Variation	Fracture time(s)	Maximum probability of breakage (%)at sealing point
1	47.28 ± 9.89^{c}	20.91	7.52±0.31^{c}	100
3	71.93 ± 7.79^{b}	10.83	14.47±0.48^{b}	69.23
5	83.10 ± 9.39^{a}	11.30	16.01±0.51^{a}	53.85
7	89.05 ± 5.33^{a}	5.98	16.19±0.42^{a}	15.38
10	84.87 ± 7.14^{a}	8.41	16.21±0.36^{a}	38.46

- A~D 포장재 중 B 포장재를 제외하고 모두 7초 실링 하였을 때 가장 높은 fracture force를 나타내었음.

- 본 실험결과의 최대파손 확률은 실제 공정에서의 파손확률이 아닌 극단적인 변형을 가할 시 파손되는 확률로, sealing time에 의한 접합강도를 상대비교하기 위해서 사용됨.

- 실제 ㈜신양식품에서 시생산 시 7초를 실링시간으로 하였을 때 불량률이 0%인 것을 확인하였으나 1~2초를 실링시간으로 설정하였을 때 불량률이 약 3%임을 확인하였음.

- 포장재 A와 포장재 D를 비교 시 포장재 D가 동일한 인장력을 가했을 때 포장재가 파괴되지 않으면서 가장 많이 인장될 수 있기 때문에 95 ℃ 살균에서 포장재가 부풀어 오르는 것을 고려하여 포장재 A~D중 포장재 D가 가장 적합한 포장재임을 확인하였음.

(2) 탈산소제 첨가에 따른 포장지 내부 잔존 산소량 변화

- 탈산소제는 150g 단량에 산소흡습제 150cc용을 넣어 탈산소제 판매회사인 ㈜림멘에 포장재 내부 잔존산소량의 실험을 의뢰하였음
- 탈산소제 1개가 들어간 150g 단량의 떡볶이 떡 포장재 내부의 산소 농도는 20.9% 이었음

<Table 63. 150g 단량 떡볶이 떡 내부 공기량>

제품	살균처리	총 부피(mL)	총 중량(g)	내부 공기량(cc)
떡볶이 떡 (150g)	살균처리 O	245	150	95
		250	155	95
	살균처리X	220	155	65
		230	150	80

<Table 64. 150g 떡볶이 떡 내부의 잔존 산소량 >

제품	살균처리	측정 시간(hr)	잔존 산소량 (%)	CO_2 발생량 (%)
떡볶이 떡 (150g)	살균처리 O	2	14.9	0.0
			14.7	0.0
		4	3.6	0.0
			3.8	0.0
		6	0.5	0.0
			0.7	0.0
		8	0.3	0.0
			0.4	0.0
		24	0.2	0.0
			0.0	0.0

- 탈산소제를 포장제에 첨가 시 24시간 이내에 포장제 내부의 잔존 산소량이 모두 제거되는 것을 확인하였음.

- 위와 같은 탈산소제의 효과 확인을 통하여 상온 장기 유통 시 포장제 내부의 산소가 모두 제거 되어 호기성 미생물의 효과가 저하될 수 있음을 확인하였음.

(3) 포장재 종류에 따른 산소투과도 확인

목적: 호기성 균 *Bacillus cereus*의 성장을 억제하기 위한 산소 투과도가 낮은 포장재 선정

- 떡볶이 떡의 유통기한에 영향을 주는 주 원인은 *Bacillus cereus*균임.

- *Bacillus cereus*는 호기성균으로서 식중독을 유발하는 유해균이며, 해당 균의 생장을 억제한다면 떡볶이 떡의 유통기한 연장이 가능함.

- 따라서 많은 제품들은 진공포장을 진행함으로서 *Bacillus cereus*균을 억제하고자 함.

- 하지만 진공포장을 진행하더라도 산소 투과도가 높을 경우, 산소가 포장재 내부로 유입되어 *Bacillus cereus*균의 생장이 가능함.

- 따라서 *Bacillus cereus*의 성장을 억제하기 위한 산소 투과도가 낮은 포장재를 채택하여야 함.

- 포장재의 종류에 따른 산소투과도는 한국고분자시험연구소(주)에 의뢰하여 측정함.

- 본 연구에서는 접합 부분에서 파손 될 수 있는 확률이 가장 적은 7초동안 실링한 포장재 A와 D 중 동일한 힘으로 인장 시 최대 40mm까지 포장재가 파괴되지 않고 인장될 수 있는 확률이 더 높은 포장재 D를 95 ℃ 살균에 가장 적합한 포장재로 하였음

- 포장 재질에 따른 산소투과도는 D > A > B > C 순서로 산소투과도가 높았음

- D 포장재인 옥텐 포장재는 산소투과도가 가장 적고 인장력 실험 시 파괴되는 정도가 가장 낮아 A~D 포장재 중 떡볶이 떡 포장재로 가장 적합한 것을 확인하였음

<Table 65. 포장 재질에 따른 산소투과도>

시료명	산소투과도(cm^3/m^2 · 24hr · atm)
A	57.7
B	58.6
C	59.5
D	57.4

(*오차범위 ±3%, 한국고분자시험연구소 제공)

(4) 포장 재질과 살균조건에 따른 탈산소제 첨가에 따른 유통기한 계산법 도출

- 살균 공정을 거친 떡볶이 떡의 초기 균 수는 검출이 되지 않았으며, 이론적인 감소지수(m)는 매우 큰 수치(m>100)로써, 살균 후의 미생물은 존재하지 않는 상태임.

- 불확실한 오염원에 의한 호기성 세균의 감염 또는 산소와의 반응에 의한 품질 변화를 최소화하기 위하여 함기 포장 내의 산소량을 측정한 결과 94.5cc의 산소가 측정됨.

- 초기 산소 함유량을 최소화하기 위하여 탈산소제(WA200)를 선정하여 산소제거능을 평가한 결과 24h 이내 산소 함유량은 0~0.1%로 감소됨.

- 포장재질에 따른 산소투과도를 기준으로 (예, 6.22(cm^3)・(mm)/(m^2・24hr・atm))로써, 목표로 하는 6개월(180일) 동안의 산소 유입량은 174.66cc로 추정됨. 이는 초기 산소량 94.5cc와 유통기한 중의 유입량 174.66cc를 합한 279.16cc가 유통기한 중 함기 포장된 극한조건인 대용량(B2B, 1.5kg) 제품에 영향을 끼칠 수 있는 총 산소량으로 추정할 수 있음.

- 계산된 총 산소량(279.16cc)는 본 연구에서 선택한 탈산소제의 최대 산소 제거량인 360cc 이내이므로 현재 강원대학교의 식품공정공학 연구실이 확보한 공식적인 유통기한인 6개월간의 저장 기간동안 포장지를 통한 산소의 유입량은 탈산소제에 의하여 제거가 가능함을 나타냄 (안전계수를 곱한 8개월의 저장 기간 동안 유입되는 산소량은 327.38cc로 추정되며 이 역시 탈산소제의 최대 산소 제거량의 범위 이내로 유통기한 중 산소 유입 억제 효과가 충분하다고 판단됨)

- 이와 같은 계산법은 본 연구과제의 12개월 유통기한과 소단량(150g)에도 적용이 가능함.

- 탈산소제의 첨가는 불확실한 오염(예, pin hole, crack등)에 의한 호기성 세균의 성장을 억제할 수 있으며 포장 후 살균 제품의 산소에 의한 각종 반응을 최대한 억제할 수 있는 포장조건임.

(5) 떡볶이 떡의 미생물 성장 모델 개발

- 산미료를 이용하여 감소시킨 pH가 떡의 초기균에 미치는 영향을 확인하기 위하여 아무처리를 하지 않은 pH 6의 떡과 산미료를 이용하여 pH를 감소시킨 pH 4 떡을 이용하여 실험을 진행하였음.

- 실험 샘플 준비 방법은 다음과 같음.

(가) 샘플 준비

- pH를 조절하지 않은 떡과 P.D에 1분 50초간 침지하여 떡의 pH를 pH 4로 조절한 떡을 낱개로 진공포장을 함
- 노화된 떡을 121℃에서 15분 동안 살균하여 냉각 및 노화시킴
- 노화된 떡을 90℃에서 10분 동안 가열 후 상온으로 냉각하여 실험에 이용함
- 균은 떡에서 분리한 *B. cereus* 균을 이용하였으며, B. cereus stock culture로부터 초기 균을 3일간 TSB (Tryptic soy broth) 배지에서 배양함
- 균을 3 log CFU/g으로 희석 후 원심분리를 통하여 균 pellet를 제조함
- 균 pellet에 0.1mL의 0.1% peptone water를 섞어 균 현탁액을 제조
- 균 현탁액을 떡 위에 접종하고 건조가 될 때까지 상온에 방치하였다가 이를 overnight 냉장보관을 하여 균을 떡볶이 떡에 부착시킴

(나) Growth model 실험

- 균을 접종한 떡을 25℃의 인큐베이터에서 보관하면서 시간별로 균수를 측정
- 성장 모델에 사용된 식은 다음과 같음

$$N_t = \begin{cases} \frac{N_{max}}{1+\left(\frac{N_{max}}{N_0}-1\right)e^{-\mu_{max}(t-\lambda)}} & \text{if } t \geq \lambda \\ N_0 & \text{if } t < \lambda \end{cases}$$

N_t : contamination level at time t,
N_0 : the initial contamination level
N_{max} : maximum contamination level at the stationary phase
μ_{max} : the maximum specific growth rate (1/h)
λ : the lag time (h)

- B. cereus의 성장에 대한 pH와 온도의 영향을 다음과 같은 식을 통하여 확인하였음

$$\tau(T) = \frac{(T-T_{max})(T-T_{min})^2}{(T_{opt}-T_{min})[(T_{opt}-T_{min})(T-T_{opt})-(T_{opt}-T_{max})(T_{opt}+T_{min}-2T)]}$$

$$\rho(pH) = \frac{(pH-pH_{min})(pH-pH_{max})}{(pH-pH_{min})(pH-pH_{max})-(pH-pH_{opt})^2}$$

$$\mu_{max} = \begin{cases} T < T_{min}, & 0 \\ T_{min} < T < T_{max}, & \mu_{opt}\tau(T) \\ T > T_{max}, & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{max} = \begin{cases} pH < pH_{min}, & 0 \\ pH_{min} < pH < pH_{max}, & \mu_{opt}\rho(pH) \\ pH > pH_{max}, & 0 \end{cases}$$

μ_{max} : the maximum specific growth rate when T and pH are set to their optimal values

(다) Monte Carlo simulation

- 떡의 B. cereus의 모델링을 위하여 사용된 실험 값은 reference 값을 이용하였으며 Table 66 에 정리하였음

<Table 66. 떡볶이 떡의 Bacillus cereus 수치를 시뮬레이션 하기 위하여 성장모델 구현에 이용된 값>

Inputs	Implementations	Units	Sources/note
Initial condition			
Initial concentration level of B. cereus (for both 25 and 35℃ incubation) for acid treated sample	Normal(3.87, 0.38)	log CFU/g	Measured
Initial concentration level of B. cereus (for both 25 and 35℃ incubation) for untreated sample	Normal(5.08, 0.50)	log CFU/g	Measured
Initial pH of acid treated rice cake	Pert(3.91,4.0, 4.06)		Measured
Initial pH of untreated rice cake	Pert(5.98,6.0,6.03)		Measured
Growth of *B. cereus*			
pH_{min}	Normal(3.91, 0.03)		Measured
pH_{opt}	Normal(6.72, 0.21)		Carlin et al., 2013
T	Normal (35, 0.35) Normal (25, 0.25)	℃	Measured
T_{min}	Normal(7.7, 0.3)	℃	Carlin et al., 2013
To_{pt}	Normal(38.7, 0.6)	℃	Carlin et al., 2013
T_{max}	Normal (47.9, 0.5)	℃	Carlin et al., 2013

- 성장 모델에 도출에 인용된 reference는 첨부 2에 정리하였음

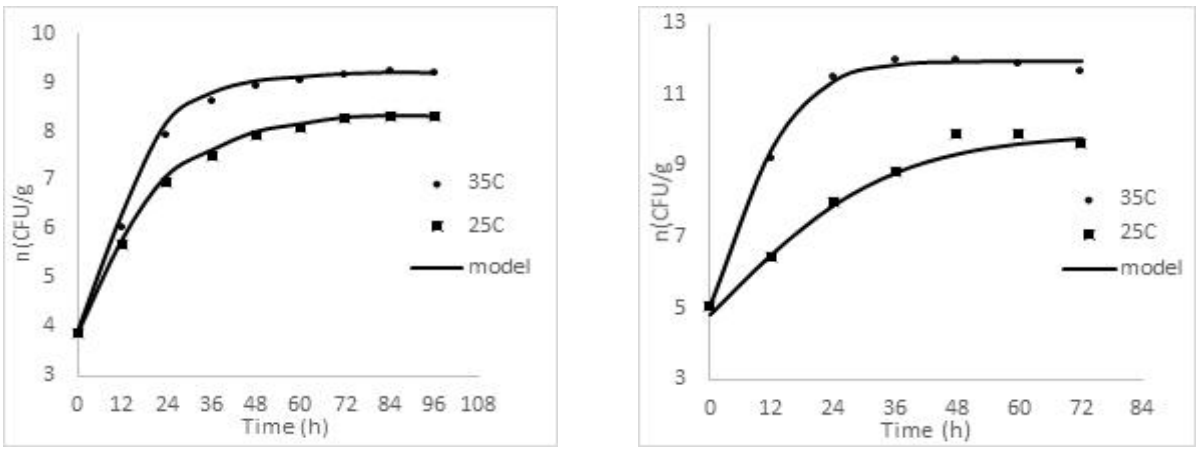
(6) 떡볶이 떡의 미생물 성장 모델 개발

- 산침지를 하지 않은 떡과 산침지를 한 떡의 96시간 동안의 미생물 오염정도를 확인하였음.

- 시간이 증가함에 따라 미생물 오염정도가 증가하였으며, 산침지를 하지 않은 떡의 미생물 오염정도가 산침지를 한 떡보다 높은 것을 확인하였음.

- 또한 떡볶이 떡이 25 ℃보다 35 ℃에서 보관되었을 때 미생물 오염정도가 더 증가하는 것을 확인하였음.

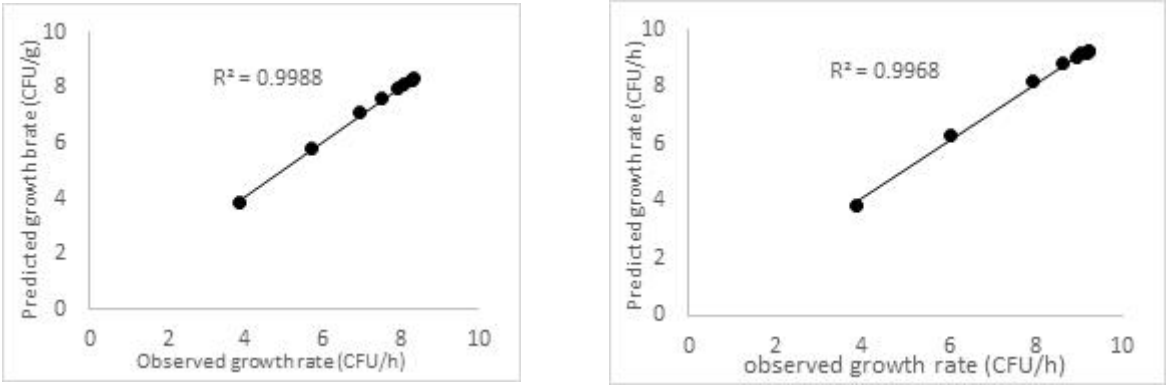
<Figure 79. 산침지 유무에 따른 떡볶이 떡의 시간에 따른 미생물 오염 정도>



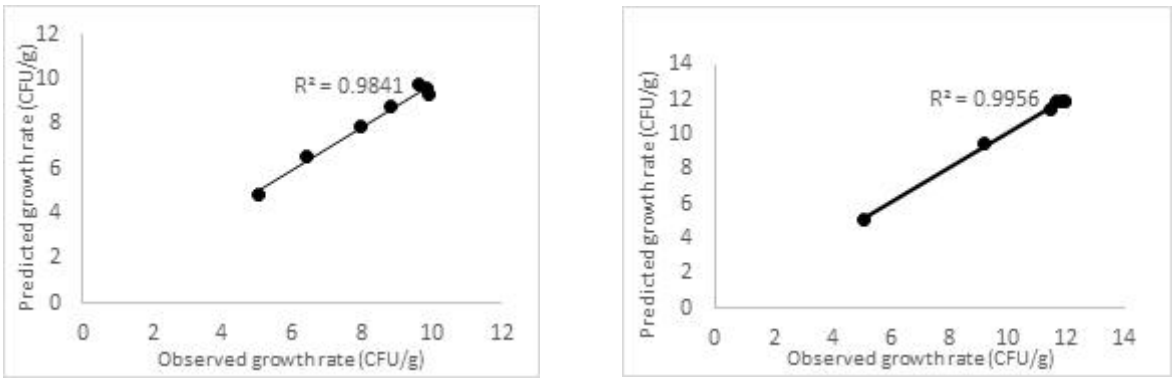
- 산침지와 온도는 B. cereus 와 양의 상관관계를 나타내는 것을 확인하였음

<Table 67. Two-phase logistic model에 의하여 계산된 떡볶이 떡의 산처리 유무와 저장 온도에 따른 *Bacillus cereus*의 μ_{max}(specific growth rate) and λ(lag time)>

Treatment conditions	Temperature (℃)	μmax (CFU/g/h)	λ (h)	R^2
Acid treated	25	0.0049±0.003	12	0.9988
	35	0.0105±0.001	9	0.9968
Untreated	25	0.0592±0.002	7	0.9841
	35	0.1384±0.091	4	0.9956



<Figure 80. 산침지 된 떡볶이 떡의 예측모델((좌): 25 ℃, (우): 35℃))>



<Figure 81. 산침지 되지 않은 떡볶이 떡의 예측모델((좌): 25 ℃, (우): 35℃))>

- 떡볶이 떡의 낮은 pH는 일반세균의 성장을 저해하는 pH 이며, B. cereus의 성장속도를 감소 및 억제 시킬 수 있는 것을 확인하였음

- 떡볶이 떡의 산미료 침지는 일반세균에 의한 위해를 방지하는 데에 필수적인 공정임을 확인하였음

- 낮은 pH는 조건에서는 일반세균을 억제할 수 있으나 곰팡이균은 억제 할 수 없기 때문에 살균이 필수적임을 확인하였음

Food Research International 125 (2019) 108562

Contents lists available at ScienceDirect

Food Research International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodres

A quantitative microbiological exposure assessment model for *Bacillus cereus* in pasteurized rice cakes using computational fluid dynamics and Monte Carlo simulation

Hyeon Woo Park, Won Byong Yoon*,[1]

Department of Food Science and Biotechnology, College of Agricultural and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon, Gangwon 24341, South Korea

- 위의 연구내용 중 '떡볶이 떡의 미생물 성장 모델 개발'에 대한 연구의 결과를 통해 'AInhibitory effect of acid treatment on the growth of Bacillus cereus in cooked rice cake.'으로 학술발표를 진행하였음.

(7) 포장 후 산소 제거를 위한 탈산소제 효과 확인

목적: 호기성인 *Bacillus cereus* 균 억제에 대한 탈산소제의 역할 확인

-탈산소제를 식품과 함께 포장하면 떡 유통기한 단축의 주원인 중 하나인 *Bacillus cereus* 균의 억제에 기여할 것으로 예상하였음.

-이를 확인하고자 산 침지 및 가열살균 복합공정을 거친 떡볶이 떡을 탈산소제 유무를 다르게 저장시켜 탈산소제의 효과를 확인하고자 하였음.

-P.D 10%에 침지시켜 pH 4를 나타내는 떡볶이 떡을 150g 단량으로 함기 포장하였으며 탈산소제 유무에 따라 0개 또는 1개를 사용하였음.

-포장된 떡볶이 떡은 '강원도 농업 기술원'에서 레토르트(SR-240, TOMY SEIKO Co., Ltd, Japan) 기기를 이용해 F_{95}=6의 경우 60분, F_{95}=12의 경우 68분간 살균을 진행하였음.

-살균이 완료된 샘플은 실온 조건인 25℃로 설정된 대용량 인큐베이터(LMI-2004R Black, Daihan Labtech Co., Ltd, Namyangju, Korea)에 저장하여 1개월 마다 미생물 균수를 측정하였으며 측정 결과는 아래와 같음.

<Figure 82. 장기간 저장실험이 가능한 대용량 인큐베이터에서 저장실험 구현>

<Table 68. 탈산소제의 유무에 따른 살균도 별 미생물 균>

F-value	탈산소제 유무	저장 개월	log CFU/g
6	○	0~5개월	N.D.(Not detected)
		6개월	N.D.(Not detected)
	×	0~5개월	N.D.(Not detected)
		6개월	4.11 log CFU/g
12	○	0~5개월	N.D.(Not detected)
		6개월	N.D.(Not detected)
	×	0~5개월	N.D.(Not detected)
		6개월	N.D.(Not detected)

- F_{95}=6 떡볶이 떡 샘플에서 탈산소제를 사용하지 않았을 경우 6개월 샘플로부터 4.11 log CFU/g의 미생물이 검출되었으나 탈산소제를 첨가한 F_{95}=6 샘플의 경우 미생물의 생장을 확인할 수 없었음.
- F_{95}=12 살균도를 적용한 샘플들에서는 탈산소제 유무와 관계 없이 미생물이 검출되지 않았음.
- 해당 결과로부터 살균도의 증가와 탈산소제 사용은 떡볶이 떡의 미생물 억제에 기여하였음을 확인하였으며, F-12 살균도와 탈산소제를 모두 적용할 시 유통기한을 가장 연장할 수 있을 것으로 사료됨.

(8) 해외 수출 운송 기간을 고려한 40℃ 이상의 가혹 환경의 경우에는 자체적 실험을 통하여 확인

- 목적: 해외 수출 운송 기간을 고려한 떡볶이 떡 저장 조건에 따른 품질변화 확인
- 가혹 환경에서 떡의 품질 인자 확인을 통해 상온 저장 떡볶이 떡의 유통 및 저장 중 품질 변화를 확인하고자 하였음.
- 가혹 환경의 경우 40°C, 50°C 그리고 간헐적 저장 조건으로 진행하였음
- 탈산소제 첨가유무를 추가적으로 비교하였음.

(가) 간헐적 가혹 저장 조건

• 목적:

- 떡은 생산업체를 거쳐 최종적으로 소비자에게 도달할 때까지 다른 저장 조건으로 운반된다. 대부분 저장온도, 상대습도, 보관기간 등의 조건에서 차이가 발생한다.
- 따라서 이 분석은 떡이 생산업체에서부터 소비자에게 도달할 때까지 보관 중에 발생할 수 있는 변화를 반영한다.

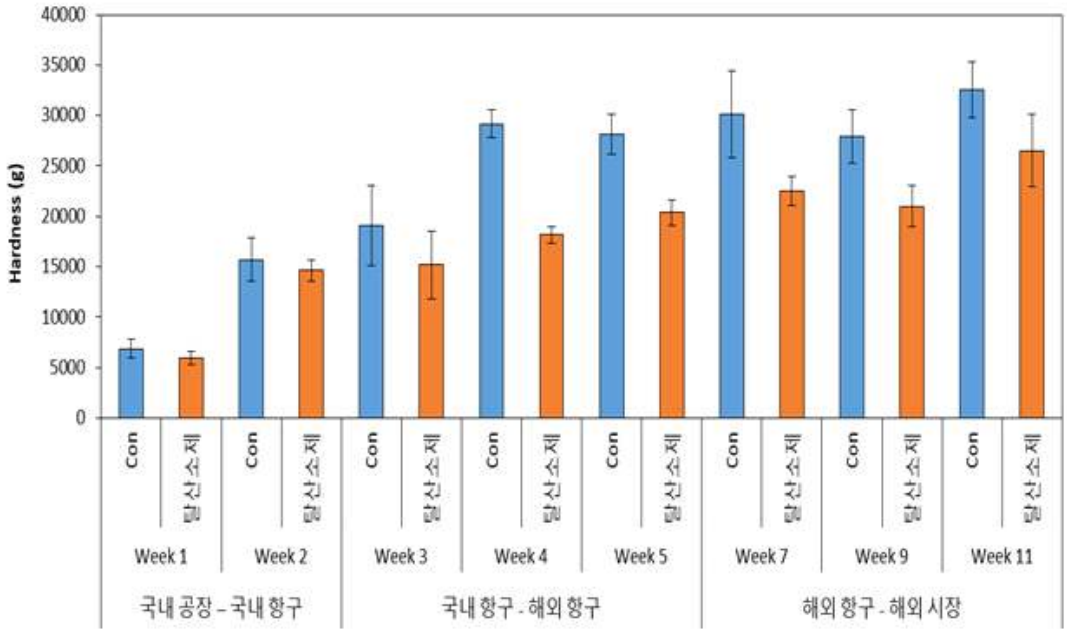
• 실험 설정:

- 간헐적 가혹 저장 조건은 국내에서 생산된 떡볶이 떡이 공장에서 국내 항구까지 화물 차량을 통해 이동하는 과정, 국내 항구에서 해외 항구로 화물선에 의해 이동하는 과정 그리고 해외 항구에서 해외 매장 혹은 식당으로 유통되는 과정 동안의 온도 및 시간 변화를 저장 온도 및 기간에 반영하였음.

- 보관온도와 기간에 대해서는 고온으로 인해 정상적인 온도 및 떡 유통이 더욱 어려울 것으로 예상되는 동남아시아를 기준으로 계획하였으며, 자세한 내용은 다음과 같음.

<Table 69. 간헐적 가혹 저장 실험 조건>

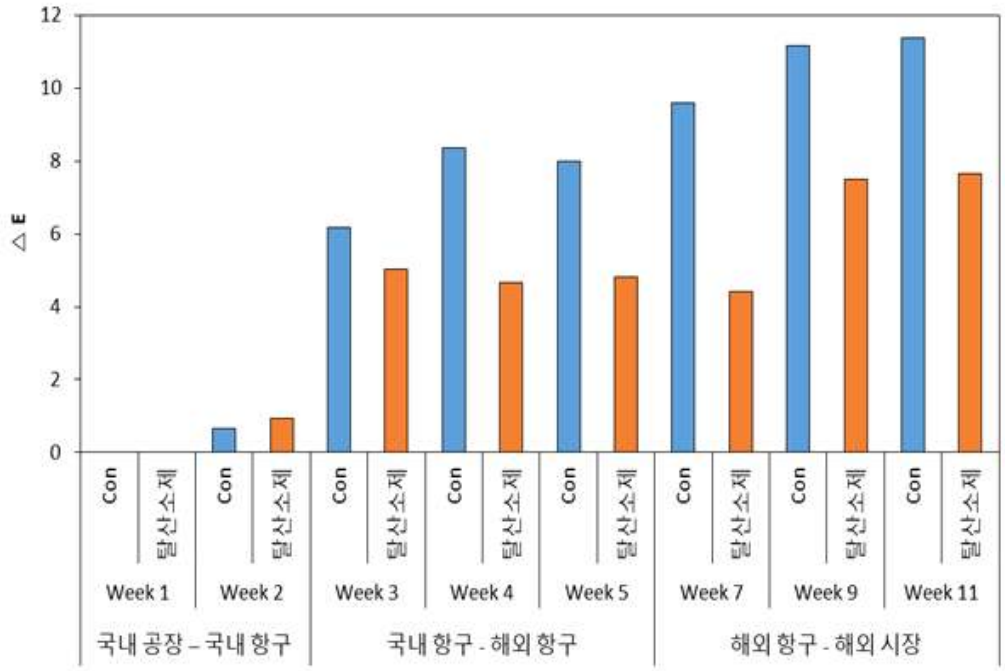
	저장 온도	저장 기간
국내 공장 – 국내 항구	30℃	2주일
국내 항구 – 해외 국가	50℃	3주일
해외 항구 – 해외 시장, 식당	40℃	6주일



<Figure 83. 상선을 이용한 수출경로에 따른 가혹조건의 저장이 조직감에 미치는 영향>

- 간헐적 가혹 조건하에서 저장 기간 동안 경도의 변화는 아래와 같음. 탈산소제 여부와 관계없이 샘플의 경도는 유의적으로 증가하였음. 단, 탈산소제가 첨가되지 않은 control 샘플이 탈산소제가 첨가된 샘플에 비해서 경도가 더 급격히 증가하였음.

- 간헐적 가혹 조건하에서 저장 기간 동안 색차의 변화는 아래와 같음. 탈산소제를 첨가하지 않은 control 샘플의 경우 저장 기간이 길어질수록 색차가 유의적으로 증가하였으나, 탈산소제를 첨가한 샘플의 경우 3주차 이후로부터는 유의적인 차이를 확인할 수 없었음.



<Figure 84. 상선을 이용한 수출경로에 따른 가혹조건의 저장이 색차에 미치는 영향>

<Figure 85. 탈산소제 첨가 유무에 따른 떡의 사진>

- 탈산소제 첨가 여부에 따른 차이를 육안으로도 확인이 가능하였음. 탈산소제를 첨가한 시료는 색차의 증가를 최대한 억제할 수 있음.

(9) 실증실험에 사용될 협력기관의 포장재 속성 검증

- 목적: 호기성 균 *Bacillus cereus*의 성장을 억제하기 위한 산소 투과도가 낮은 포장재 선정 후 최적 실링 시간 도출

실증실험에 사용될 정남농협, 신양식품의 산소투과도와 sealing time을 검증함

- 목적: 호기성 균 *Bacillus cereus*의 성장을 억제하기 위한 산소 투과도가 낮은 포장재 선정

- 떡볶이 떡의 유통기한에 영향을 주는 주 원인은 *Bacillus cereus*균임.

- *Bacillus cereus*는 호기성균으로서 식중독을 유발하는 유해균이며, 해당 균의 생장을 억제한다면 떡볶이 떡의 유통기한 연장이 가능함.

- 따라서 많은 제품들은 진공포장을 진행함으로서 *Bacillus cereus*균을 억제하고자 함.

- 하지만 진공포장을 진행하더라도 산소 투과도가 높을 경우, 산소가 포장재 내부로 유입되어 *Bacillus cereus*균의 생장이 가능함.

- 따라서 *Bacillus cereus*의 성장을 억제하기 위한 산소 투과도가 낮은 포장재를 채택하여야 함.

- 산소 투과도의 측정을 위해 아래와 같은 다양한 포장재들을 한국고분자시험연구소(주)에 의뢰하였음.

	포장 단량	
	1kg	1.5kg
신양 식품 포장재		
정남 농협 포장재		

<Figure 86. 산소 투과도 및 포장재 두께 검사 의뢰를 위해 선정된 B2B 포장재>

- 포장재 내부에 있는 산소양을 계산하기 위하여 포장재 두께와 상온 유통기한 동안 포장재 내로 들어올 수 있는 산소양을 확인하였으며, 의뢰 결과는 아래와 같음.

<Table 70. B2B 포장재 두께 및 산소 투과도 측정 결과>

	포장재 단량	포장재 두께 (mm)	산소 투과도 ($cm^3/m^2 \cdot 24hr \cdot atm$)
신양 식품 포장재	1kg	0.093	55.6
	1.5kg	0.107	56.4
농협 포장재	1kg	0.105	57.5
	1.5kg	0.099	66.9

- 포장재 두께의 경우 신양 식품의 1kg 단량 포장재가 가장 얇은 값을 나타내었으나, 산소 투과도의 경우 가장 낮은 값을 나타내어 장기간 저장에 가장 바람직할 것으로 사료됨.

- 반대로 농협의 1.5kg 포장재는 가장 높은 산소 투과도 값을 나타내었으며, 장기간 저장이 바람직하지 않을 것으로 예상됨.

(가) 최적 실링 시간 도출

▪ **목적:**

- 산소투과도가 낮은 포장재에 대한 최적의 실링시간을 도출해내야함.

- 떡 속의 미생물(Bacillus cereaus)은 산소를 통해 생장하기 때문에 산소가 포함되지 않도록 실링이 제대로 되었는지 확인하는 것은 중요하고, 실링이 제대로 되지 않으면 포장재 내의 산소는 호기성 미생물의 증식에 기여하고 이는 떡의 저장성에 영향을 미칠 수 있다.

- 또한, 1년간 저장 가능한 떡을 만들기 위해 개발된 방법에는 살균공정이 적용되고, 그 과정에서 포장재 내에 증기가 발생하기 때문에 압력이 증가하여 실링처리가 제대로 되지 않은 경우에는 살균 시 포장재에 구멍이 날 수가 있음

▪ **실험절차:**

- 인장력 테스트는 포장재의 실링상태를 평가하기 위해 수행함. 테스트 이전, 4.5cm 길이의 포장재에 양 끝이 동일한 실링 조건 (시간 및 온도)을 적용하여 실링하였음.

- 인장시험(당겨서 분리) 시 밀봉된 부위에 동일한 압력을 가함

- 인장시험 중 각 포장재의 파손지점을 관찰하고, 적절한 실링 조건을 나타내는 실링포인트에서 파손이 발생하는지를 확인하였다.

- 또한, 포장재의 파손에 필요한 힘, 파손 시간, 포장재가 파손되기 전까지 도달한 거리 등을 통해 최적의 실링 조건을 결정하였다.

- 신양식품과 농협의 떡 포장재 실링시간을 결정하였음

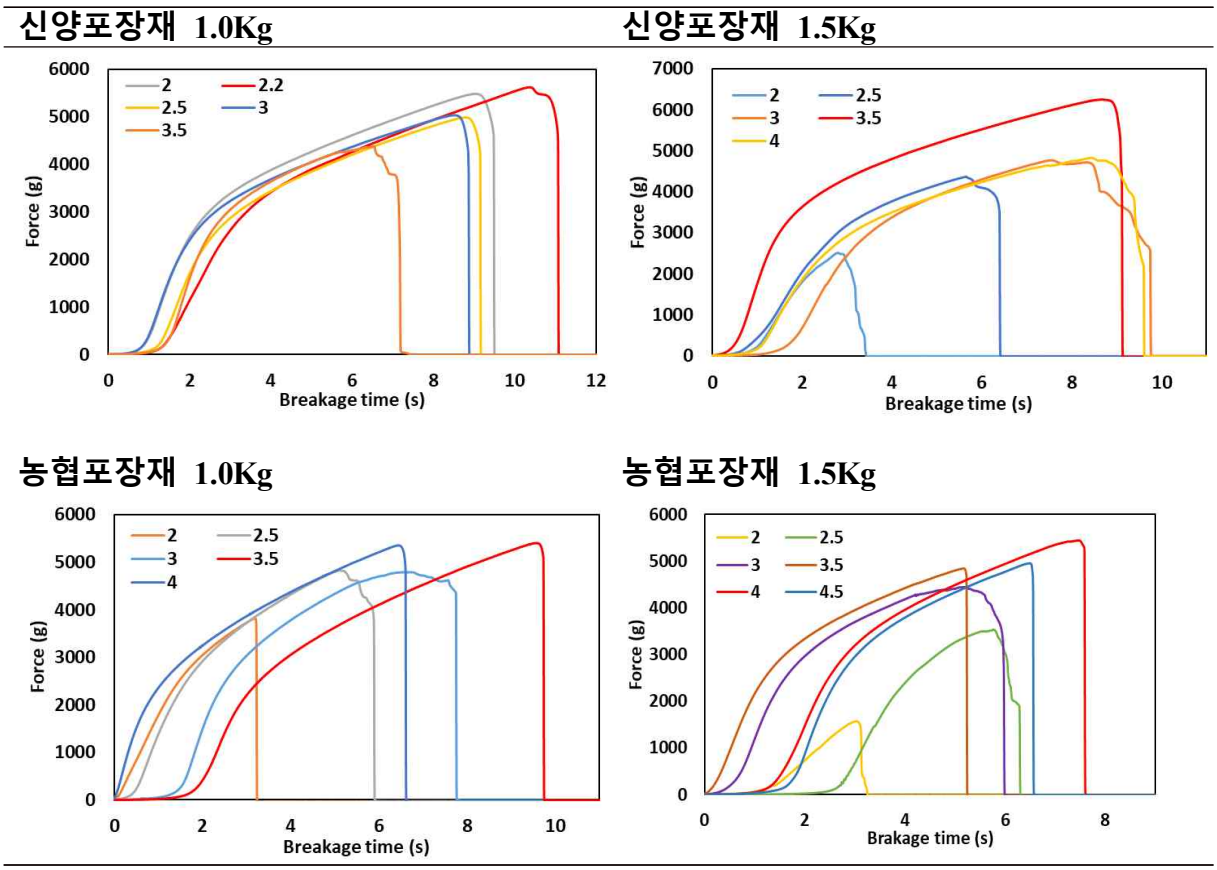
- 각 실링 시간에 따라 포장재를 뜯는 힘과 포장재가 실링 포인트에서 뜯길 확률이 결정된다. 그 결과, 실링 포인트에서 뜯길 확률이 낮을 경우가 최적의 실링 시간을 나타낸다.

- 이는 인장력 테스트 중 포장재를 분리하는 데 필요한 힘과 시간 간의 상관관계가 있는 것으로 볼 수 있다.

- 포장재를 당길 때의 변위 또한 적절하게 실링 된 포장재의 경우가 더 긴 것으로 확인되었음.

- 실링포인트에서 포장재가 뜯길 확률이 낮을수록 적합한 실링시간에 해당됨.

- 따라서, 실링포인트에서 포장재가 뜯길 확률이 가장 낮은 경우의 시간이 최적의 포장재 실링시간임.



<Figure 87. 다른 실링 조건에서의 포장재의 파손되는 힘>

- 인장력분석 결과 두께 등의 재료조건이 실링조건에 영향을 미쳤다. 일반적으로 두꺼운 포장재는 실링 시간이 길고 중간정도의 온도가 필요하다. 단, 실링시간을 연장하고 온도를 높인다면 실링포인트가 약해지고, 따라서 실링포인트에서 포장재가 쉽게 뜯긴다.

- 최적의 실링조건은 포장재를 뜯는 데에 필요한 가장 큰 힘을 가진 실링조건, 포장재를 당겨서 분리시킬 때 변위가 큰 조건, 실링포인트 파손 가능성이 가장 낮은 조건으로 고려됨.

<Table 71. 실링포인트에서 포장재가 뜯길 확률>

Sample	Sealing time (s)	Force (g)	Displacement (mm)	Breakage time (s)	Maximum probability breakage at sealing time(%)
Shinyang 1.0 Kg	2	4803.78 ± 663.33^{ab}	18.37 ± 3.29^{a}	9.18 ± 1.65^{ab}	28.57
	2.2	5226.04 ± 7.7.68^{a}	20.08 ± 3.45^{a}	12.56 ± 1.75^{a}	14.24
	2.5	4631.75 ± 729.71^{ab}	15.44 ± 4.02^{b}	7.72 ± 2.01^{b}	42.85
	3	4744.64 ± 564.62^{ab}	16.02 ± 2.05^{b}	8.01 ± 1.02^{b}	64.28
	3.5	4579.85 ± 848.61^{b}	16.47 ± 3.46^{b}	8.23 ± 1.73^{b}	78.57
Shinyang 1.5 Kg	2	3723.08 ± 397.08^{c}	9.88 ± 2.58^{b}	4.94 ± 1.89^{c}	85.71
	2.5	4416.09 ± 317.67^{b}	14.14 ± 3.13^{ab}	7.07 ± 2.06^{ab}	71.42
	3	5188.73 ± 404.25^{a}	14.03 ± 2.68^{ab}	7.02 ± 1.34^{b}	50.00
	3.5	5260.51 ± 316.99^{a}	18.19 ± 4.78^{a}	9.09 ± 2.39^{a}	28.57
	4	4803.78 ± 163.32^{ab}	17.37 ± 3.28^{a}	9.19 ± 1.65^{a}	35.71
Nonghyup 1.0Kg	2	2938.11 ± 153.95^{c}	9.38 ± 2.24^{ab}	4.69 ± 1.41^{b}	92.85
	2.5	3553.81 ± 149.25^{b}	6.82 ± 1.61^{b}	3.41 ± 0.91^{c}	85.71
	3	4508.06 ± 169.78^{a}	10.88 ± 3.13^{a}	5.44 ± 1.15^{ab}	57.14
	3.5	4849.25 ± 199.18^{a}	14.22 ± 2.47^{a}	7.11 ± 1.24^{a}	35.71
	4	4765.03 ± 189.77^{a}	11.07 ± 2.01^{a}	5.54 ± 1.16^{ab}	42.85
Nonghyup 1.5Kg	2	3603.06 ± 246.78^{c}	11.46 ± 2.42^{b}	3.73 ± 1.07^{d}	71.42
	2.5	4096.40 ± 118.73^{d}	8.41 ± 2.59^{c}	4.20 ± 1.29^{d}	64.28
	3	4226.72 ± 157.82^{c}	10.61 ± 2.05^{b}	5.31 ± 1.03^{c}	50.00
	3.5	4742.69 ± 132.22^{b}	14.57 ± 1.84^{a}	7.28 ± 0.92^{b}	35.71
	4	5593.14 ± 193.54^{a}	16.54 ± 2.29^{a}	9.03 ± 1.24^{a}	21.42
	4.5	4697.22 ± 114.31^{b}	9.43 ± 2.23^{b}	4.72 ± 1.12^{d}	28.57

- 신양 1.0Kg과 1.5Kg 포장재의 경우 각각 2.2초와 3.5초가 최적의 실링 시간으로 확인되었음.
- 이 결과에서 조건은 필요한 최대 힘, 가장 긴 변위, 가장 긴 파손 시간 및 실링포인트 에서의 파손 확률이 최소임을 보여주었다.
- 농협 1.0, 1.5Kg 포장재의 최적 실링 시간은 각각 3.5초, 4.0초로 확인되었음.
- 본 실험결과의 최대파손 확률은 실제 공정에서의 파손확률이 아닌 극단적인 변형을 가할 시 파손되는 확률로, sealing point에 의한 접합강도를 상대비교하기 위해서 사용됨.

(10) 함기포장 및 진공포장 제품 간의 저장 안전성과 품질 특성의 비교분석

- **목적**: 상온에서 장기간 유통을 위해 제품을 생산할 경우 포장지의 실링불량 등의 요인으로 저장 조건이 변함. 이를 반영하기 위하여 진공포장과 함기포장(실링불량제품)의 간의 저장 안전성 및 품질특성 변화를 비교 분석하고자 함

- **실험방법**

- 포장재는 145, 147pg의 연구결과를 바탕으로 선정된 최적 포장재인 옥텐 80~85% 함량의 D포장재를 사용하였고, 각 포장재에 150g의 떡볶이 떡을 포장함
- 저장실험에 사용된 떡은 산침지-가열살균 복합공정을 적용하여 pH 4.0으로 조절되었으며 F_{95} = 6분 이상의 조건으로 살균 처리하여 포장함
- 포장 방법을 달리하여 진공포장, 함기포장(실링시간 7초이상)과 의도적인 포장불량(실링시간 2초)으로 인한 함기포장의 세 개의 시료를 만들어 비교함
- 저장조건은 항온 인큐베이터(Model LMI-1002R, 대한 랩텍 Co., LTD, 경기)에서 가혹 조건인 50° C에서 저장실험을 수행
- 산소효과를 간접적으로 비교하기 위하여 탈산소제의 첨가유무를 구분 지어 산소의 효과를 비교함
- 품질 인자로 색도와 미생물(CFUg)을 측정함

(가) 탈산소제 유무에 따른 색도 변화

- **실험조건**: 1) 진공, 2)함기, 3)포장불량의 세 가지 시료에 탈산소제를 첨가하거나 하지 않은 비교군을 설정하여 고온에서의 색도 변화를 수행함

- **실험결과**:

<Table 72. 포장상태와 탈산소제 유무에 따른 색도 변화>

	탈산소제 첨가				탈산소제 무첨가			
	L	a	b	$\triangle E$	L	a	b	$\triangle E$
초기	75.08 ± 0.06a	-0.91 ± 0.01a	12.63 ± 0.01a		75.08 ± 0.06a	-0.91 ± 0.01a	12.63 ± 0.01a	
진공	73.88 ± 0.10b	-0.72 ± 0.02b	14.08 ± 0.02b	1.89	72.98 ± 0.01b	-0.85 ± 0.02b	14.68 ± 0.01b	2.94
함기	72.72 ± 0.03c	-0.67 ± 0.03c	14.15 ± 0.01c	3.22	72.10 ± 0.04c	-0.62 ± 0.01c	14.03 ± 0.01c	3.30
포장불량	71.44 ± 0.01d	-0.63 ± 0.02d	15.30 ± 0.04d	4.68	71.19 ± 0.08d	-0.67 ± 0.01d	14.23 ± 0.01d	4.78

- 진공상태의 샘플의 경우 탈산소제 첨가는 초기 상태의 색도를 유지하는데 기여하였음
- 함기포장의 경우 색도의 변화가 있었으나, 탈산소제를 첨가 시 최소화할 수 있음을 보여 줌
- 포장불량은 지속적인 외부공기의 유입으로 인한 색도변화가 크며 탈산소제의 효과도 크지 않음을 보여 주었음

(나) 함기포장 및 진공포장 조건에 따른 미생물 분석

- **실험조건**: 1) 진공, 2)함기, 3)포장불량, 4)대조군(살균된 떡의 초기값)의 네 가지 시료에 탈산소제를 첨가하거나 하지 않은 비교군을 설정하여 고온에서의 미생물적 변화를 관찰함

- **실험결과**:

<Table 73. 포장상태와 탈산소제 유무에 따른 저장기간 중의 미생물변화>

포장 조건					
저장기간(일)	대조군	진공포장	함기포장	포장불량	
				탈산소제 유	탈산소제 무
0	N/D	N/D	N/D	Nil	Nil
2		N/D	N/D	1.57 ± 0.49	1.81 ± 0.08
4		N/D	N/D	2.58 ± 0.27	2.61 ± 0.10
7		N/D	N/D	5.72 ± 0.44	5.81 ± 0.13

- 시료의 초기 미생물은 관찰되지 않은 멸균상태임

- 진공포장과 함기포장은 해당 조건에서 50° C의 가혹조건에서 미생물적 안전성을 유지함

- 포장불량이 된 시료의 경우 탈산소제의 유무와 관계없이 미생물이 급속도로 성장함을 보여 줌. 이는 살균이 진행된 시료조차도 저장 중 2차 오염에 의한 미생물의 성장으로 판단 됨

- 본 실험의 결과를 바탕으로 진공포장을 할 경우 가장 안정적인 조건으로 유통이 가능하며, 추가적으로 안정적인 실링 상태를 유지하여 포장불량을 최소화하는 포장법은 색도의 변화는 일부 가져오나, 미생물적인 안정성은 유지함. 반면 포장불량의 경우 살균이 진행된 샘플도 2차오염으로 인하여 급속도로 오염도가 상승함을 보여 줌.

◆ **비가열 표면처리 기술 연구**

● **배경**

- 많은 압출떡 회사는 방냉건조 공정을 수행하고 있음. 방냉건조 공정 중 이산화염소를 이용한 건조로 초기균수의 감균이 가능함

● **연구개발 목적**

- 압출떡의 방냉 중 초기균수의 감균

● **연구개발 수행내용 및 결과**

연구개발 수행 내용

(1) 떡볶이 떡의 건조 시 ClO_2 (이산화염소, Chlorine dioxide) 처리에 의한 효과 확.인

- 일반적인 떡볶이 떡의 제조 공정은 건조 과정을 거친 후 포장되어 유통됨

- ㈜신양식품의 기존 유통되고 있는 떡볶이 떡 제품은 건조실(10℃, 65%)에서 24~48시간 건조된 후 포장되어 유통되며 건조 공정 시 2차 오염이 발생함.

- 떡볶이 떡의 건조 시 2차 오염에 의한 오염정도를 감소 및 방지 시키고자 ClO_2 처리를 도입하였음.

- 건조실험은 강원대학교에서 진행하였으며 10 ℃로 조절한 인큐베이터 내에서 24시간 동안 자연건조 시킨 것을 대조군으로 하였음.

- ClO_2 실험군으로 10 ℃로 조절한 인큐베이터 내에 ClO_2 챔버(41 X 9 X 30.5 cm)를 넣고 24시간 ClO_2 를 간헐적으로 발생시켰으며 떡볶이 떡(108~144g과 부피 86.90 cm^3)은 챔버 속에 넣어 건조시켰음.

- 챔버 내부에는 습도 조절을 위하여 습기 제거제를 추가하여 진행하였으며, 상대습도가 73~74%로 유지 되었음.

- ClO_2 의 간헐적 건조는 초기 20 ppm에서 시작하여 30분 동안 이산화염소 가스를 공급, 60분 동안 이산화 염소가스를 공급 중단을 반복하여 조절하였음.

- 일반건조와 ascorbic acid 침지-ClO_2 건조 후, ClO_2 건조 후 떡볶이 떡의 수분함량, 미생물 오염정도를 비교하였음.

(2) 청색광의 LED 조사를 통한 표면 감균 효과

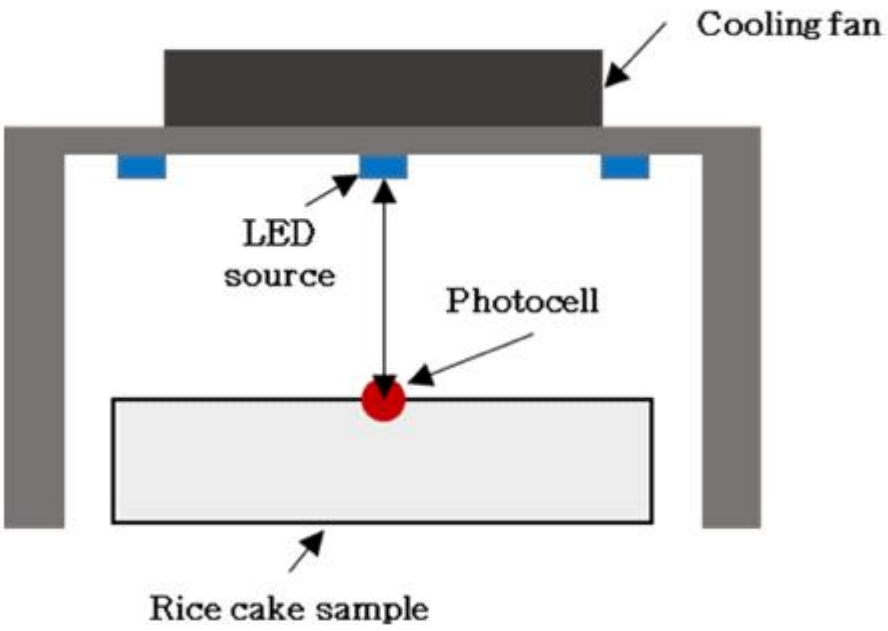
.배경: 포장된 압출떡의 표면을 LED조사를 통한 표면살균

- 떡볶이 떡은 압출 떡볶이 떡을 실험에 이용하였으며, 압출 떡에 청색광을 조사하기 위하여 파장 460 nm, 크기 3 X 3 mm의 광원 LD-CQAR (Osram, München, Germany) 을 이용하였음

- LED 조사 장치는 식품의 저장, 유통 및 진열을 목적으로 설계하였으며, 이에 따라 인체에 미치는 영향이 적으면서 균의 억제 효과가 있는 것으로 알려져 있는 460 nm 파장의 광원을 선택하였음

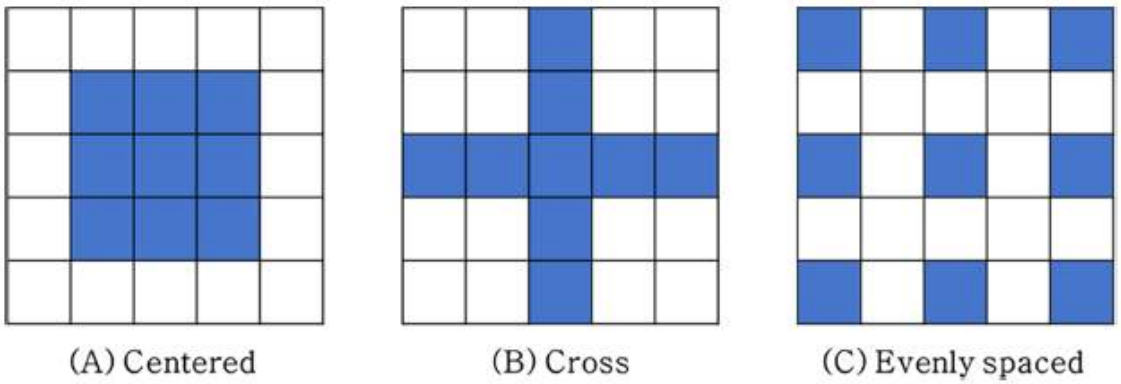
- LED 장치는 9개의 LED 광원을 보드에 부착하고 교류전원공급장치 (KPS305DF, Shen코두 Wanptek Electronic Technology Co., LTD, Shenzhen, China)를 이용하여 1.5 A의 지속적인 전류를 공급하였으며 LED에 의한 온도 상승을 방지하기 위하여 냉각팬을 설치 하였음

- LED 장치의 광원 표면과 덕 표면 사이의 거리에 따른 빛의 세기는 light dependent resistor photocell (Luna Optoelectronics, Camarillo, CA, USA)를 이용하여 떡의 중심에서 lux 단위로 측정하였음



<Figure 88. 압출 떡을 위한 LED 조사 장치>

- LED 장치에 부착된 9개의 LED 모듈의 배열(array) 및 광원과 샘플의 거리에 따라 달라지는 빛의 조사 세기와 패턴을 Zemax OpticStudio 16.5 소프트웨어(Zemax LLC, Kirkland, WA, USA)를 이용하여 시뮬레이션 하였음. LED 배열은 다음과 같이 3가지로 설정하였음



<Figure 89. LED 장치의 배열 조건>

- 떡볶이 떡에서의 LED 청색광의 효과를 열저항성이 높은 떡의 대표적인 식품 위해균인 *Bacillus cereus* group을 기준으로 확인하기 위하여, 떡볶이 떡을 제조 후 2시간 동안 25 ℃에서 냉각한 후 떡으로부터 분리하였음(*B, cereus* group의 분리는 식품 공전(고시 제 2011-20호) 및 Kim JY, Yoo HL, Lee YD, Park JH (2011) Detection of Bacillus cereus group from raw rice and characteristics of biofilm formation. Korean JFood & Nutr 24(4): 657-663를 참조하였음)

- 떡볶이 떡은 3개를 가로 45mm, 세로 50 mm, 높이 15mm가 되도록 배열하여 폴리에틸렌 포장지 내에 포장한 후 90 ℃에서 40분 동안 열처리를 통하여 살균하였음. 살균을 완료한 떡은 떡볶이 떡의 보관 및 유통을 가정하여 냉장 온도인 4℃로 냉각하였음

- 냉각한 떡 샘플의 LED 조사할 표면에 *B, cereus* group 현탁액을 떡 샘플 초기 균수가 10^6 log CFU/g이 되도록 접종하고 30분 동안 건조시켰음. 이후 떡의 건조를 방지하고 포장 상태를 가정하기 위하여 빛이 투과하는 PVC 포장지로 포장하여 LED 조사 실험에 이용하였음

- LED 장치가 떡 표면에서 *B, cereus* group의 균수에 미치는 영향을 확인하기 위하여 LED와 떡 표면 사이의 거리가 22, 32, 42 mm가 되도록 장치의 높이를 조절하여 시간(0~24h)에 따른 미생물 감균 정도를 확인하였음

(3) 이산화염소 기체를 이용한 건조공정의 확장 연구

◆ 배경:

- 일반적인 압출떡은 증숙과 제병공정을 거친 떡을 방냉건조(숙성)시키는 공정을 거치게 됨 (10℃에서 6~18시간, 계절, 제품의 수분함량 별로 제조사마다 방냉 조건(시간과 온도)에는 다소 차이가 존재)

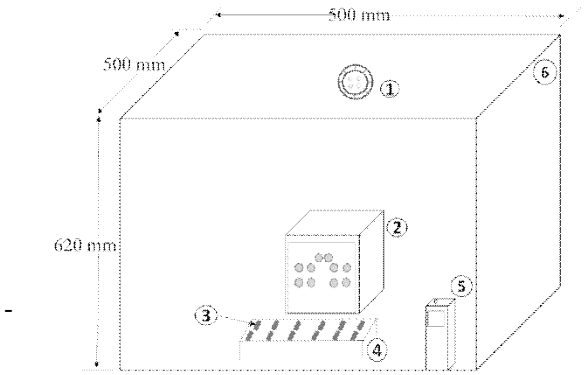
- 이 같은 방냉건조를 거치는 동안 노화와 건조가 진행되나 낙하균과 작업에 의한 이차오염에 노출되게 됨

- 이를 막기위하여 주정을 방냉 중 정기적으로 분무하여 2차오염과 균의 성장을 억제하고자 하나 방냉건조 과정 동안 약 1.5~2 logCFU/g의 미생물균수의 상승을 가져옴

- 방냉 중 오염도를 낮출 수 있는 비가열적 방법이 필요함

• 목적:
- 이산화염소 건조공정을 이용하여 압출떡의 방냉건조 공정 중 미생물 감균효과 도출

◆ 실험 설정:
- 밀폐된 건조실에서 간헐적 건조공정을 적용함 (0, 12, 18, 2시간 동안 10℃)
- 3 log CFU/g의 미생물 접종
- 이산화 염소기체의 농도 측정(22~25ppm).
- 이산화 염소 흡수율, 조직감, 색도측정
- 저장실험(5~25℃ 수행)



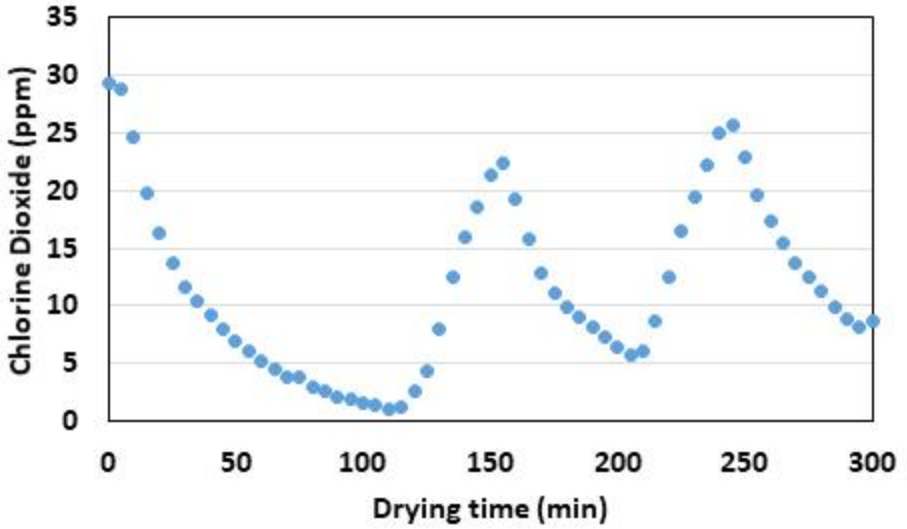
<Figure 90. 떡의 저온 건조를 보여주는 배치 공정도>

1. 저온 주입구(10° C) / 2. 이산화염소가스(ClO_2) 발생기 / 3. 압출떡 시료 / 4. 천공 건조대 / 5. 이산화염소 가스 검출기 / 6.밀폐 건조실.

연구개발 결과

(1) 떡볶이 떡의 건조 시 ClO_2 처리에 의한 효과 확인

- 챔버 내부를 50 ppm 이하로 유지하기 위하여 ClO_2 발생기를 간헐적으로 작동시켰음



<Figure 91. 건조 시간에 따른 ClO_2의 농도(ppm) 변화>

- 일반건조와 ClO_2 건조 후 떡볶이 떡의 수분함량은 다음과 같음

<Table 74. 건조 방법에 따른 떡볶이 떡의 수분함량 변화>

	Control	Ascorbic acid 침지 후-ClO_2 건조	ClO_2 건조	자연건조
수분함량 (%)	48.17 ± 0.43^{a}	42.81 ± 1.45^{b}	46.14 ± 0.86^{a}	43.31 ± 0.69^{b}

- 아무처리를 하지 않은 control을 기준으로 습기 제거제가 추가된 10℃의 인큐베이터 내부의 환경에서 24시간 동안 자연건조한 떡볶이 떡의 수분함량은 48.17 %에서 42.81%로 감소하였음

- ClO_2 건조를 한 것은 control과 비교 시 약 5%의 수분함량이 감소한 것을 확인하였으며, ascorbic acid에 침지 후 ClO_2 건조한 것은 control과 비교 시 유의미한 차이가 없는 것을 확인하였음

<Table 75. 건조 방법에 따른 떡볶이 떡의 미생물 오염정도>

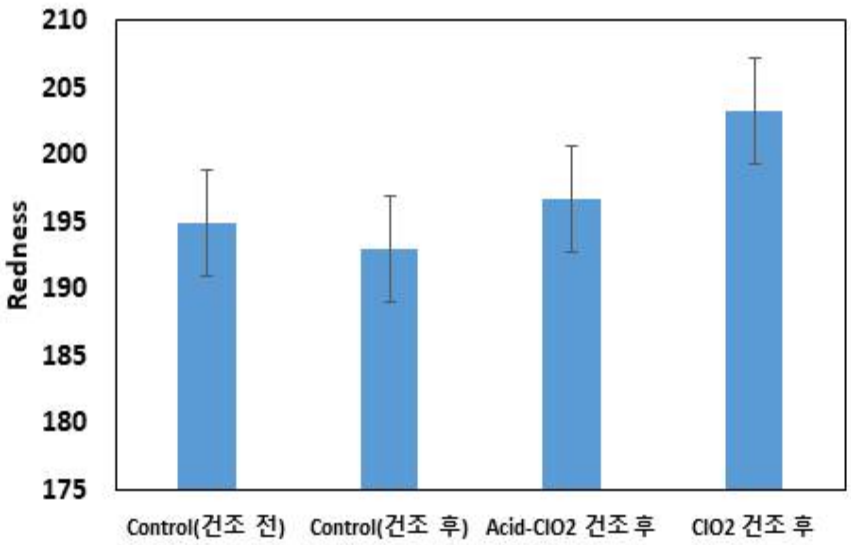
실험군	log CFU/g
Control(건조 전)	6.78 ± 0.16[b]
자연건조	8.41 ± 0.07[a]
Ascorbic aid 침지 후 ClO_2 건조	5.79 ± 0.23[d]
ClO_2 건조	6.40± 0.03[c]

- 자연건조 시 살균된 떡을 24시간 동안 10℃의 인큐베이터 내에서 자연 건조하였을 때 차 오염에 의하여 6.08 log CFU/g에서 8.41 log CFU/g 로 오염된 것을 확인하였음

- ClO_2 건조 시 떡볶이 떡의 미생물 오염 정도가 증가하지 않는 결과를 확인하였음

- 이를 통하여 떡볶이 떡의 실제 공정에서 방랭/건조실에 간헐적으로 ClO_2를 발생시키면 공중 낙하균에 의한 떡볶이 떡의 미생물 오염을 억제 및 감소할 수 있는 것을 확인하였음

- 따라서 떡볶이 떡의 건조 시 간헐적인 ClO_2 분무 진행 시 2차 오염을 방지를 통한 유통기한 연장에 대한 내용으로 특허출원을 하였으며 유통기한 연장 부분은 실험 중임



<Figure 92. 건조 방법에 따른 떡볶이 떡의 redness 변화>

- ClO_2 건조에 의하여 떡볶이 떡의 표면이 다소 붉게 변화하는 것을 확인하였으나 자연건조 후 떡볶이 떡의 적색도와 유의미한 차이가 나타나지 않은 것을 확인하였음.

- Ascorbic acid에 침지한 후 ClO_2 건조를 진행한 것은 떡볶이 떡 표면에 있는 ascorbic acid에 의하여 산화되는 것이 방지되어 ClO_2 건조된 것보다 적색도가 다소 낮은 것을 확인하였음.

- 자연건조 시 살균된 떡을 6시간 동안 자연건조(23 ℃, 45% 환경) 하였을 때 공중 낙하균에 의하여 4.09 log CFU/g 이 오염되었음

- ClO_2 건조 시 떡볶이 떡의 미생물 오염 억제 및 감균하는 결과를 확인하였음

- 이를 통하여 떡볶이 떡의 건조실에 간헐적으로 ClO_2를 발생시키면 공중 낙하균에 의한 떡볶이 떡의 미생물 오염을 억제 및 감소할 수 있는 것을 확인하였음

- 또한 ClO_2 의 농도 조절을 통하여 미생물의 감균 정도를 조절 할 수 있는 것을 확인하였음

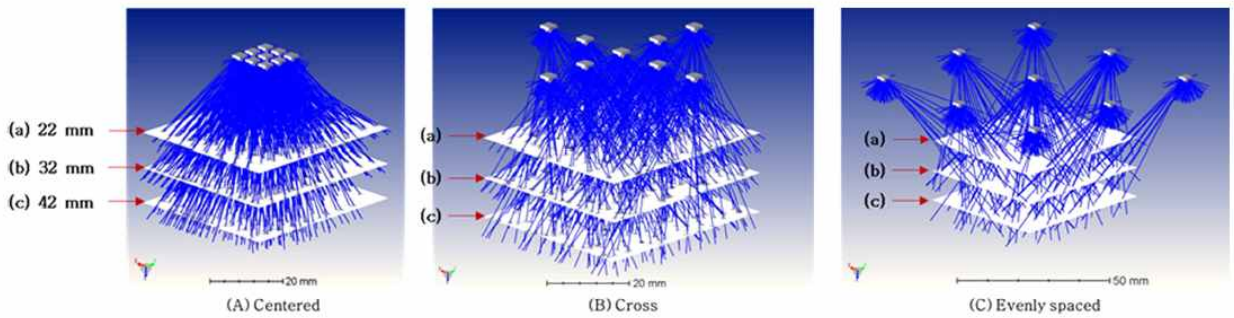
- 따라서 떡볶이 떡의 건조 시 간헐적인 ClO_2 분무를 진행 시 2차 오염을 방지할 수 있을 뿐만 아니라 떡의 미생물을 감균시킬 수 있음을 확인하였으며, 이와 같은 내용으로 특허를 출원함.

<Table 76. 건조 방법에 따른 떡볶이 떡의 미생물 오염정도>

실험군	log CFU/g
Control(건조 전)	6.11 ± 0.05[a]
Ascorbic aid 침지 후 ClO_2 건조	5.90 ± 0.04[b]
ClO_2 건조	5.78± 0.09[c]

(2) 청색광의 LED를 압출 떡볶이 떡 표면 조사에 의한 영향

- LED 균일도는 evenly spaced 배열에서 가장 균일한 형태를 보였음



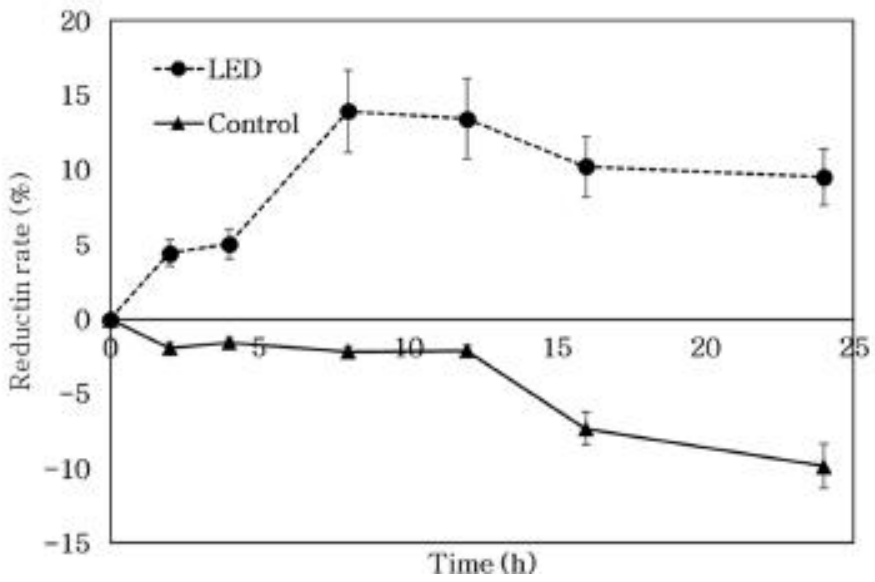
<Figure 93. LED 배열에 따른 시뮬레이션 시 광원의 조사 형태

<Table 77. LED 배열 및 거리에 따른 Petri factor 변화>

배열	높이 (mm)		
	22	32	42
Centered	0.44	0.61	0.72
Cross	0.65	0.72	0.79
Evenly spaced	0.73	0.91	0.93

- 광원과의 거리는 32 및 42 mm일 경우 Petri factor가 0.9 이상으로 높은 균일도를 나타내었음

- 떡볶이 떡에 LED 청색광을 조사한 경우 24 시간 후 균 수가 초기 균수에 비하여 감소하으며, LED를 조사하지 않은 대조군에서는 초기 균수가 증가하여 1. 21 log CFU/g의 차이를 보였음



<Figure 94. 460 nm 청색광의 LED 조사 시 *B. Cereus* group의 감소 비율>

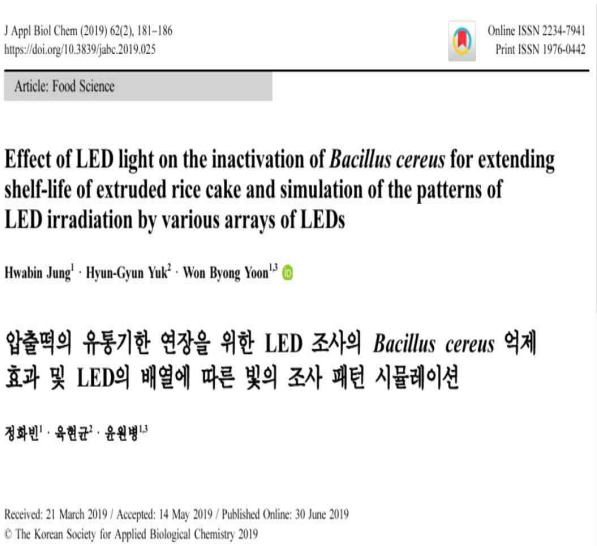
-

- LED 조사 시 광원과 샘플의 거리가 증가할수록 Petri factor는 증가하나 감균 효과가 낮아지는 결과를 나타내었음

- 따라서 Petri factor가 0.9 이상임을 만족하는 evenly spaced 배열의 32mm 거리가 떡의 유통기한 연장을 위한 LED 장치의 디자인에 적합함을 확인하였음

해당 연구내용의 결과는 하기의 학술지에 게재되었음

1) LED조사에 의한 포장떡의 표면 미생물 저감



J Appl Biol Chem (2019) 62(2), 181–186
https://doi.org/10.3839/jabc.2019.025

Online ISSN 2234-7941
Print ISSN 1976-0442

Article: Food Science

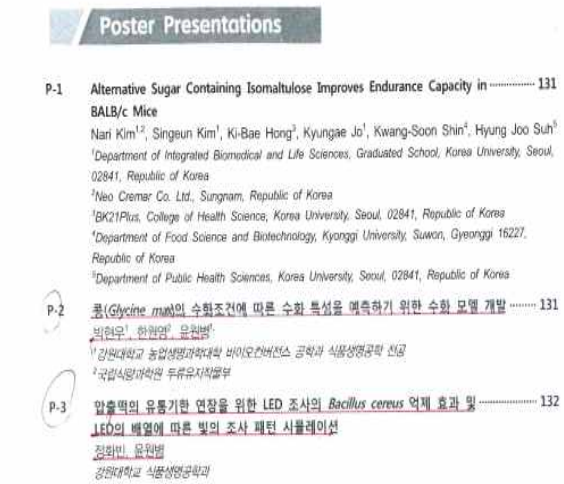
Effect of LED light on the inactivation of *Bacillus cereus* for extending shelf-life of extruded rice cake and simulation of the patterns of LED irradiation by various arrays of LEDs

Hwabin Jung[1] · Hyun-Gyun Yuk[2] · Won Byong Yoon[1,3]

압출떡의 유통기한 연장을 위한 LED 조사의 *Bacillus cereus* 억제 효과 및 LED의 배열에 따른 빛의 조사 패턴 시뮬레이션

정화빈[1] · 육현균[2] · 윤원병[1,3]

Received: 21 March 2019 / Accepted: 14 May 2019 / Published Online: 30 June 2019
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2019



Poster Presentations

P-1 Alternative Sugar Containing Isomaltulose Improves Endurance Capacity in BALB/c Mice ····· 131
Nari Kim[1,2], Singeun Kim[1], Ki-Bae Hong[3], Kyungae Jo[1], Kwang-Soon Shin[4], Hyung Joo Suh[5]
[1]Department of Integrated Biomedical and Life Sciences, Graduated School, Korea University, Seoul, 02841, Republic of Korea
[2]Neo Cremar Co. Ltd., Sungnam, Republic of Korea
[3]BK21Plus, College of Health Science, Korea University, Seoul, 02841, Republic of Korea
[4]Department of Food Science and Biotechnology, Kyonggi University, Suwon, Gyeonggi 16227, Republic of Korea
[5]Department of Public Health Sciences, Korea University, Seoul, 02841, Republic of Korea

P-2 콩(*Glycine max*)의 수화조건에 따른 수화 특성을 예측하기 위한 수화 모델 개발 ····· 131
박현우[1], 한원영[2], 윤원병[1]
[1]강원대학교 농업생명과학대학 바이오산업전스 공학과 식품생명공학 전공
[2]국립식량과학원 두류유지작물부

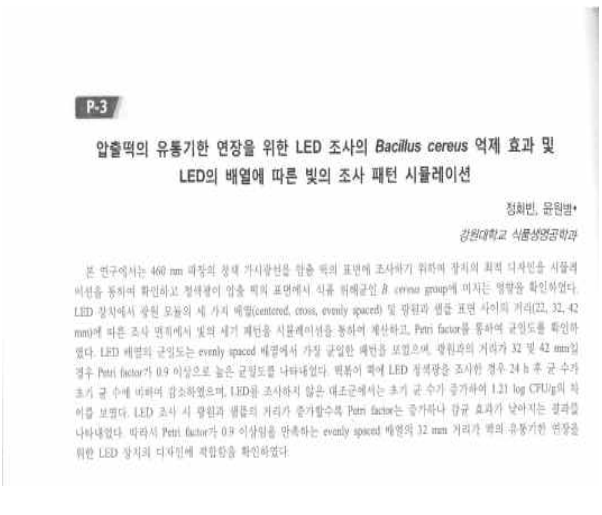
P-3 압출떡의 유통기한 연장을 위한 LED 조사의 *Bacillus cereus* 억제 효과 및 LED의 배열에 따른 빛의 조사 패턴 시뮬레이션 ····· 132
정화빈, 윤원병
강원대학교 식품생명공학과

2019 (사)한국산업식품공학회 춘계 정기총회 및 학술대회

스마트 식품관리를 위한
ICT 활용 푸드테크(Food-Tech)

일 시. 2019. 4. 26(금) 09:30~17:00
장 소. 세종대학교 컨벤션센터 A홀
주 최. (사)한국산업식품공학회, 농림축산식품부
후 원. 세종대학교, ㈜워터스코리아, 성지산업, ㈜원광허브, ㈜부영에이앤브이, ㈜생명과기술, 장수식품클러스터 사업단, 서울 F&B

(사)한국산업식품공학회



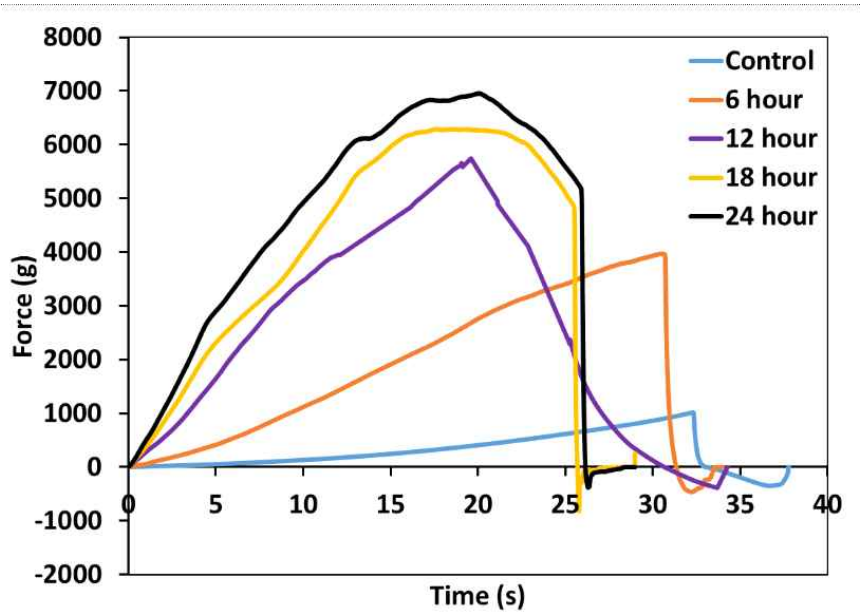
P-3

압출떡의 유통기한 연장을 위한 LED 조사의 *Bacillus cereus* 억제 효과 및 LED의 배열에 따른 빛의 조사 패턴 시뮬레이션

정화빈, 윤원병*
강원대학교 식품생명공학과

본 연구에서는 460 nm 파장의 청색 가시광선을 함출 떡의 표면에 조사하기 위하여 장치의 최적 디자인을 시뮬레이션을 통하여 확인하고 청색광이 압출 떡의 표면에서 식품 위해균인 *B. cereus* group에 미치는 영향을 확인하였다. LED 장치에서 광원 모듈의 세 가지 배열(centered, cross, evenly spaced) 및 광원과 샘플 표면 사이의 거리(22, 32, 42 mm)에 따른 조사 면적에서 빛의 세기 패턴을 시뮬레이션을 통하여 계산하고, Petri factor를 통하여 균일도를 확인하였다. LED 배열의 균일도는 evenly spaced 배열에서 가장 균일한 패턴을 보였으며, 광원과의 거리가 32 및 42 mm일 경우 Petri factor가 0.9 이상으로 높은 균일도를 나타내었다. 떡볶이 떡에 LED 청색광을 조사한 경우 24 h 후 균 수가 초기 균 수에 비하여 감소하였으며, LED를 조사하지 않은 대조군에서는 초기 균 수가 증가하여 1.21 log CFU/g의 차이를 보였다. LED 조사 시 광원과 샘플의 거리가 증가할수록 Petri factor는 증가하나 살균 효과가 낮아지는 경향을 나타내었다. 따라서 Petri factor가 0.9 이상임을 만족하는 evenly spaced 배열의 32 mm 거리가 떡의 유통기한 연장을 위한 LED 장치의 디자인에 적합함을 확인하였다.

(3) 간헐적 저온 건조 시에 변화된 떡의 조직감 측정

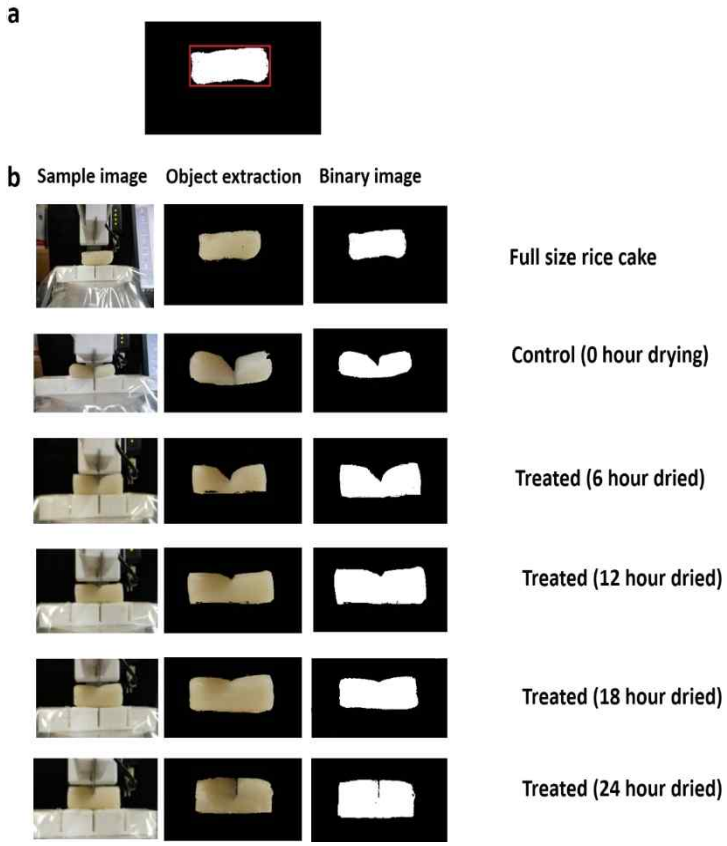


<Figure 95. Changes in force (g) during the cutting test of retrograded rice cake after various drying times.>

- 건조가 진행되며 수분감소와 노화에 의한 hardness의 증가

- 건조 중 노화정도를 최소화하고 미생물의 감균을 도출하기 위하여 노화정도를 측정하는 절단실험 중 이미지 분석을 통하여 노화정도를 상대적으로 측정함

- 노화정도를 최소화 하며 건조와 감균을 할 수 있는 ClO2건조 시간을 도출하고자 함.



<Figure 96. 절단 실험 중 적용된 영상처리의 주요 절차 (a) 영상처리할 시료의 선택(box) (b) 건조처리한 압출떡의 절단 실험 중의 영상>

<Table 78. 건조떡의 영상분석결과>

Test Level	Measured Object		Compressed Area (mm)
	Object Area (Pixel)	Object Area (mm)	
Rice cake before cutting test	537260 ± 33125 [a]	45.91 ± 2.83 [a]	0.00
Control (0 h)	372219 ± 22356 [c]	31.79 ± 1.91 [c]	14.12 ± 1.25 [a]
Treated (6 h)	385265 ± 23527 [c]	32.96 ± 2.01 [c]	12.95 ± 1.19 [a]
Treated (12 h)	468200 ± 26687 [b]	39.99 ± 2.28 [b]	5.89 ± 0.89 [b]
Treated (18 h)	505773 ± 24697 [a]	43.21 ± 2.11 [a]	2.71 ± 0.54 [c]
Treated (24 h)	524969 ± 18376 [a]	44.85 ± 1.57 [a]	1.06 ± 1.12 [c]

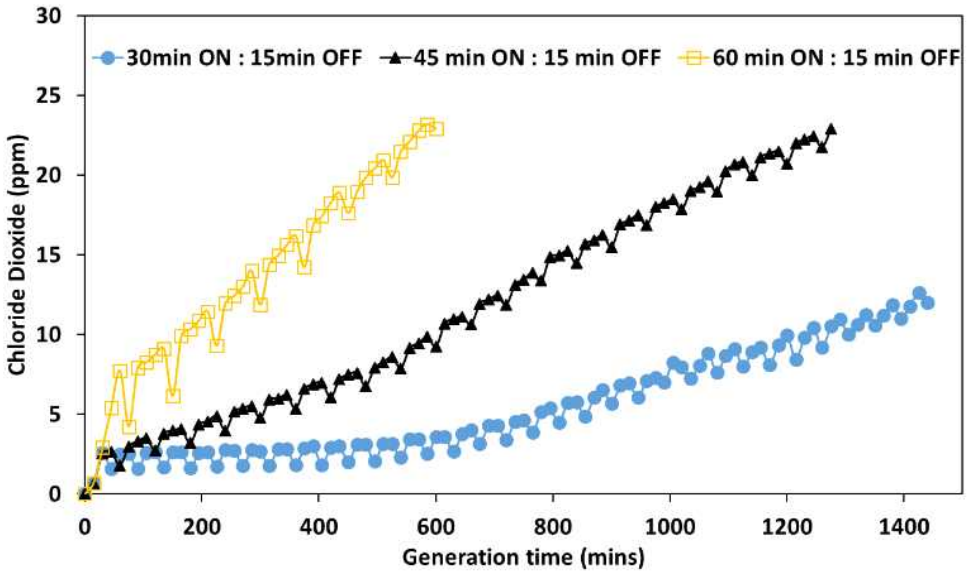
Means with different superscript letters on the same column are significantly different at $p < 0.05$.

- 건조시간 18시간과 24시간에서의 hardness는 24시간과 유의미한 차이가 없으므로 24시간을 최적 건조시간으로 설정함.

① 간헐적 저온건조의 건조시간의 설정

- 선행연구를 통하여 유의미한 감균 효과를 가져오며 품질저하를 최소화하는 이산화염소 가스의 농도는 22~25ppm으로 판명됨

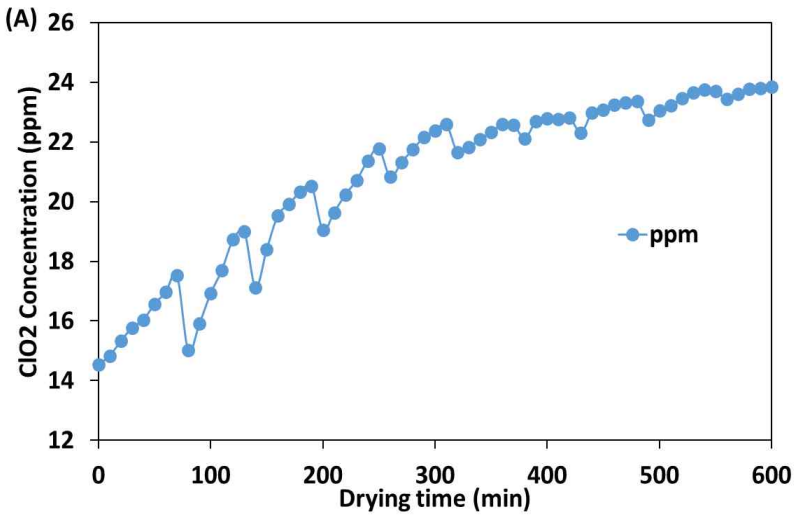
- 24시간의 건조시간 동안 ClO2의 농도를 22-25ppm으로 유지하기 위하여 45분의 이산화염소처리를 진행하고 15분간 휴지기를 가지는 간헐적 건조공정을 수행함. (Fig. 96)

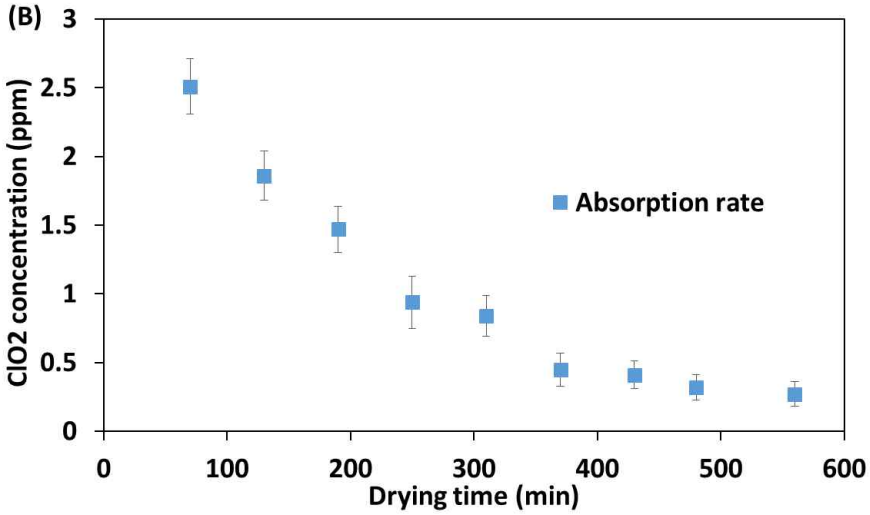


<Figure 97. 건조 시 적용된 간헐적 건조 조건에 따른 농도 변화>

② ClO2 기체의 흡수율 측정

- 간헐적 건조공정 중 압출떡이 흡수한 이산화염소 기체의 양은 건조시간 동안의 챔버내부의 이산화염소 기체의 농도를 농도측정기 (Yantai Stark Instrument Co., Ltd., Shandong, China)로 측정하여 계산함 (Fig. 97A&B





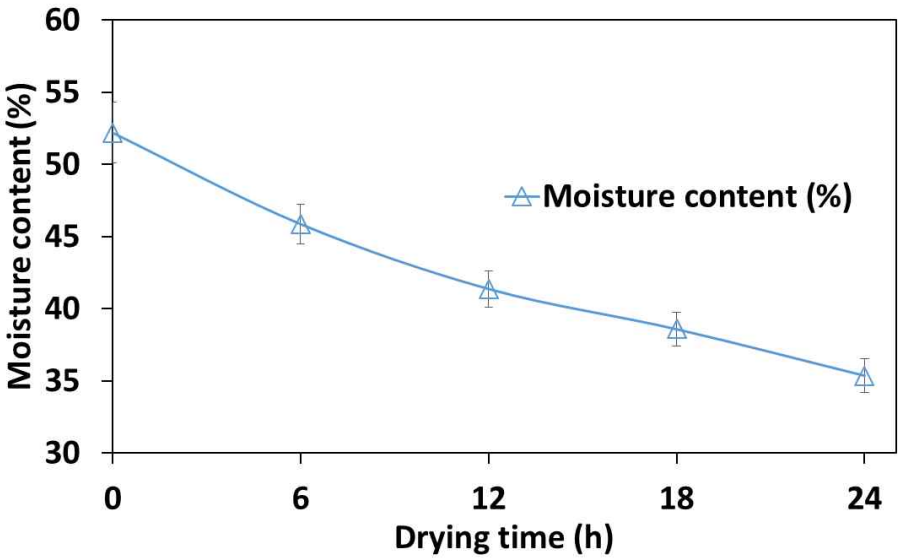
<Figure 98. 간헐적 건조(10° C) 중의 이산화염소 기체의 변화량 (A) 챔버 내부의 이산화염소 기체의 농도 (B) 휴지기 동안의 감소량을 이용한 압출떡의 흡수량>

④ 간헐적 저온건조 동안의 압출떡의 수분 감소량

- 미생물의 안전성평가를 위하여 최대수분함량인 53.82%로 조절된 떡을 이용하여 간헐적 건조실험을 수행하여 건조정도를 평가함

- 초기 수분함량을 53.82%로 조절한 압출떡의 수분함량이 24시간의 간헐적 건조 후 36.82%로 감소하였음

- 이는 이산화염소의 반응에 의하여 생성되는 수분이 존재함에도 일반적인 방냉건조 시의 수분감소량에 준하는 건조율로 판단 됨



<Figure 99. 간헐적 건조동안의 압출떡의 수분변화량>

⑤ 건조된 떡의 색차와 관능검사

- 색도계로 측정 시 이산화염소 건조 동안 명도와 백색도의 유의미한 감소가 발생함

- 관능검사 평가 결과 소비자선호도에서 저해 요인으로 평가되지는 않으나 백도에서 차이가 발생함

<Table 79. (a) 건조시간에 따른 색도변화 (b) 건조 시간에 따른 관능검사의 항목점수>

a. Color of ClO_2-treated rice cake at different drying periods

Condition	L	A	B	WI
Control	80.31 ± 1.16 [a]	−0.94 ± 0.01 [e]	13.99 ± 0.20 [c]	75.83 ± 1.02 [a]
6 h	68.21 ± 0.38 [b]	−0.58 ± 0.02 [d]	14.84 ± 0.06 [b]	64.91 ± 0.45 [b]
12 h	65.76 ± 0.39 [c]	−0.49 ± 0.03 [c]	14.89 ± 0.12 [b]	62.66 ± 0.33 [c]
18 h	64.55 ± 0.24 [d]	−0.43 ± 0.03 [b]	14.96 ± 0.13 [b]	61.52 ± 0.23 [d]
24 h	63.84 ± 0.22 [e]	−0.24 ± 0.03 [a]	15.02 ± 0.11 [a]	60.84 ± 0.22 [e]

b. Sensory evaluation scores of gelatinized rice cake

Condition	Color	Flavor	Hardness	Overall acceptability
Control	6.9 ± 0.2 [a]	6.7 ± 0.3 [a]	6.5 ± 0.1 [c]	6.3 ± 0.6 [a]
6 h	6.3 ± 0.2 [b]	6.6 ± 0.3 [a]	6.1 ± 0.1 [b]	6.2 ± 0.7 [a]
12 h	5.7 ± 0.4 [b]	5.9 ± 0.4 [ab]	5.9 ± 0.2 [b]	4.5 ± 0.5 [b]
18 h	5.5 ± 0.6 [b]	5.3 ± 0.3 [b]	5.1 ± 0.3 [a]	4.1 ± 0.7 [b]
24 h	4.1 ± 0.5 [c]	3.7 ± 0.2 [c]	5.3 ± 0.2 [a]	2.6 ± 0.8 [c]

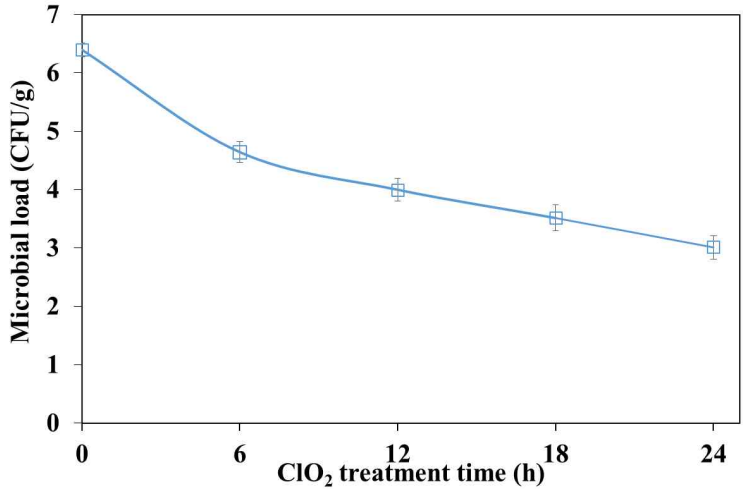
Means with different superscript letters on the same column are significantly different at $p < 0.05$.

- 이 결과를 바탕으로 이산화염소 처리되어 건조된 압출떡의 저장 기간 중의 미생물적 안전성을 4° C에서 21일 간 평가함.

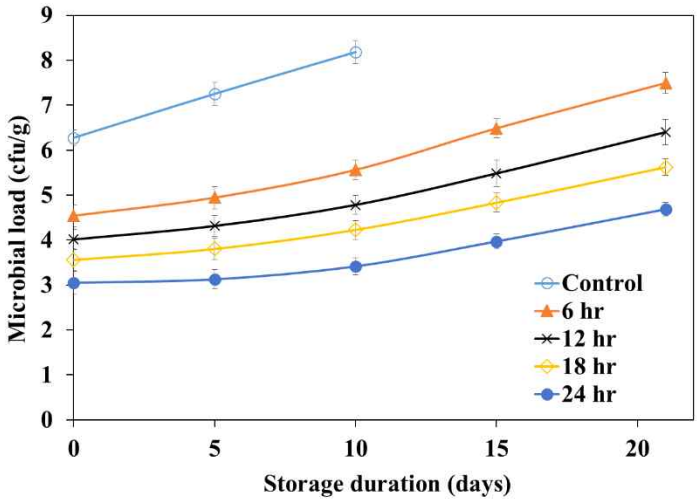
⑥ 간헐적 건조 중의 감균효과와 저장 중의 미생물적 안전성 평가

- 본 연구에서 선택한 24시간의 간헐적 건조는 약 3 log CFU/g의 감소를 24시간 동안의 건조 기간 동안 나타냄 (Fig. 99)

- 반면 건조시간을 달리하여 처리한 시료들은 감균정도가 달랐으며, 감균정도에 따라 저온저장(4° C)하는 동안 성장 속도도 다르게 나타남 (Fig. 100)



<Figure 100. Inactivation by ClO_2 gaseous treatment of steamed rice cake>



<Figure 101. 4℃에서 21일간 저장한 샘플들의 미생물 성장 곡선>

해당 연구내용의 결과는 하기의 학술지에 게재되었으며 특허출원을 하였음

1) 이산화염소기체의 간헐적 건조공정

Article

Effects of Low-Temperature Drying with Intermittent Gaseous Chlorine Dioxide Treatment on Texture and Shelf-Life of Rice Cakes

Timilehin Martins Oyinloye [1] and Won Byong Yoon [1,2,*]

[1] Department of Food Science and Biotechnology, College of Agricultural and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea; oyinloyetm@kangwon.ac.kr
[2] Elderly-Friendly Food Research Center, Agriculture and Life Science Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
* Correspondence: wbyoon@kangwon.ac.kr; Tel.: +82-33-250-6459; Fax; +88-33-241-0508

Received: 27 February 2020; Accepted: 16 March 2020; Published: 23 March 2020

2) 건조와 냉동건조의 비교

Review

Effect of Freeze-Drying on Quality and Grinding Process of Food Produce: A Review

Timilehin Martins Oyinloye [1] and Won Byong Yoon [1,2,*]

[1] Department of Food Science and Biotechnology, College of Agricultural and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea; oyinloyetm@kangwon.ac.kr
[2] Elderly-Friendly Food Research Center, Agriculture and Life Science Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
* Correspondence: wbyoon@kangwon.ac.kr; Tel.: +82-33-250-6459; Fax: +82-33-241-0508

Received: 30 January 2020; Accepted: 12 March 2020; Published: 20 March 2020

3) 산 침지와 이산화 염소 건조 공정을 통한 떡의 유통기한 연장

Vol.32, No.2, pp.90-98, 2020

Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences

RESEARCH ARTICLE

pISSN 2233-8322, eISSN 2508-870X
https://doi.org/10.22698/jales.20200009

산 침지와 이산화 염소 건조 공정을 통한 떡의 유통기한 연장 연구

김형주[1], Timilehin Martins Oyinloye[1], 윤원병[1,2,*]
[1]강원대학교 식품생명공학과 교수, [2]농업생명과학연구원 고령친화생물소재연구센터 센터장

Rice Cake Shelf Life Extension using Acid-soaking and the Chlorine Dioxide Drying Process

Kim, H. J.[1], T. M. Oyinloye[1] and W. B. Yoon[1,2*]
[1]Professor, Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
[2]Director, Elderly-Friendly Food Research Center, Agriculture and Life Science Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

*Corresponding author: Yoon, W. B. (E-mail: wbyoon@kangwon.ac.kr)

4) 이산화염소처리가 처리된 가래떡

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2019.08.30
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2019-0107129 (접수번호 1-1-2019-0893883-47)
출원인 명칭	강원대학교산학협력단(2-2004-008857-1)
대리인 성명	위명갑(9-2004-000155-3)
발명자 성명	윤원병 정구식 이윤주
발명의 명칭	이산화염소가 처리된 가래떡 또는 떡볶이떡의 제조방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

8.기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

2. 협동연구기관((주)신양식품)

가. 압출 떡 생산·유통현황 조사

◆ 농협에 압출 떡을 납품하고 있는 지역농협의 현황 파악

● 배경

- 농협에 납품하고 있는 압출 떡 제조 회사의 제조 공정을 확인 및 기존 떡 제조 공정과 혼합/증숙 복합 공정으로 분류

● 연구개발 목적 및 내용

- 역매칭 농협 IPET 연구기관으로 구성된 과제 협의회에서 본 역매칭 과제로 정남농협의 떡에 집중하여 현황을 파악하기로 결정하였으며, 정남농협이 생산하는 떡볶이 떡의 온라인 판매 현황(온도, 기한)파악을 실시하였음

● 연구 결과

- 정남농협에서 국내에 판매하고 있는 제품은 500g 단량으로 가격은 2,900원임

- 정남농협에서 현재 수출용으로 생산하는 떡은 냉장 상태에서의 유통기한이 120일(약 4개월)이며, 주로 유럽으로 유통하고 있으며 800g 단량의 식재료로 납품하고 있음

- 정남농협이 납품하는 떡볶이 떡에 대한 온라인 판매 현황 조사 결과 정남농협에서 납품하는 떡의 종류는 다음과 같음

조랭이떡
국내산 쌀
500g

우리 땅, 우리 쌀, 우리 떡
떡국떡
1Kg

5가지
영양찰떡

우리잡곡
구이떡

통팥앙금
찹쌀떡

몸에좋은
약밥

<Figure 102. 정남농협에서 온라인 유통되고 있는 떡류 제품>

- 정남농협에서 온라인 판매하는 떡류는 조랭이 떡, 떡국 떡, 떡볶이 떡 이외에도 다양한 종류의 떡을 판매하고 있으나 압출 성형된 떡볶이 떡은 2가지만 있음.

- 정남농협에서 납품하는 떡볶이 떡은 냉장보관(0~10 ℃) 제품이며, 배송 시 아이스박스와 아이스팩을 이용하여 포장 후 배송이 됨.

- 냉장보관이 필요한 떡볶이 떡의 유통기한은 제조일로부터 4개월인 것을 확인하였음.

- 본 과제에서 유통경로를 고려하여 해외 수출을 목표로하고 있는 것은 떡볶이 떡 제품이며 상온 장기 저장이 가능한 떡볶이 떡 제조 기술개발이 필요함을 확인하였음.

- 떡볶이 떡 제품은 쌀을 이용하여 생산하고 있으며 전처리 및 후살균 과정 없이 생산이 되고 있음.

- 현재 미분 이용 시 노화 단계에서 미생물 안정성 문제가 발생하며 건조 및 노화 단계에서 부패가 되는 문제점을 가지고 있음. (이 같은 이유로 쌀을 침지 후 분쇄하여 제품의 전량을 생산하고 있음)

- 동남아시아(베트남) 시장에는 냉장 시장이 없기 때문에 제품을 수출하지 못하고 있으며, 냉장 유통에 대한 한계를 극복하는 상온 유통 제품의 개발이 필요한 실정임.

(과제 수행 중 2019년(후반기) 정남농협과의 회의 시 정남농협은 떡국떡 생산에 보다 집중하고자 하므로 떡국떡의 유통기한 연장에 대한 연구를 추가적으로 수행)

나. 상온 신 유통 가공공정 기술 확립

◆ 외부 오염 및 기타 요인으로 인한 위해요소 발생방지를 위한 공정 설계

● 배경

- 공기 중에서 떡을 건조 시 건조시간에 따른 공중낙하균에 의한 오염도 측정이 필요함

- 건조 공정 외의 다른 공정을 통한 오염 여부를 SWAP 테스트로 확인

- 위해 발생을 일으킬 수 있는 공정의 원인 파악 및 위생관리 필요 지점 설정

- 건조 공정 중 외부 오염의 발생 확률이 높다고 판명된 경우 건조 공정 단계가 생략된 신공정을 현장에 적용할 필요 있음 (강원대학교와의 선행연구결과 및 강원대학교의 실험실 스케일에서 진행한 연구결과를 바탕으로 적용)

● 연구개발 목적 및 내용

- 공기 중에서 떡을 건조 시 건조시간에 따른 공중낙하균에 의한 오염도가 증가 확인 - 건조 공정 단계가 생략된 건조 공정 설계

- 떡볶이 떡의 건조는 10℃의 저온 건조실에서 24-48시간의 건조과정을 거침 (건조 시간은 계절별, 제품별로 편차가 있음)

- 건조실에서 건조 시간에 따른 공중 낙하균 검사로서 일반세균 검사를 진행하였음

- 건조 시간 간격은 건조 진행 시작 후 15분, 3시간, 6시간, 9시간을 페트리 필름(일반세균용)을 이용하여 확인하였음

- 본 실험의 건조공정은 일반적으로 건조와 병행하여 수행하는 알콜분무를 하지 않은 순수한 건조공정을 적용하였음

● 연구결과

- 떡볶이 떡을 건조 시 건조시간에 따라 공중낙하균이 증가함을 확인하였으며, 공중낙하균의 증가는 떡의 미생물적 오염도를 증가시켜 떡볶이 떡의 유통기한을 단축시키는 문제점이 있

<Table 80. 건조시간에 따른 건조실의 공중낙하균의 오염 정도>

검체명 (공중낙하균)	건조 시간	일반세균
건조실	15분 후	2
	3시간 후	4
	6시간 후	6
	9시간 후	8

- 건조에 의한 외부 오염 발생 비율을 감소시키고자 건조 공정을 제외하고, 초기 미생물 수를 감균 시킬 수 있는 침지 공정을 도입하였음. 침지공정 조건 도출은 강원대학교에서 도출한 pH 4.0 ~ 4.2의 떡볶이 떡 제조를 위한 조건을 적용하였으며 내용을 본 보고서의 26-27페이지 내용과 동일함

- 또한 쌀의 원료 미생물 오염 정도는 미분의 미생물 오염 정도 보다 높기 때문에 상온 장기유통이 가능한 떡볶이 떡 제조에는 미분을 사용하는 것으로 도출하였음. 강원대학교와 협동으로 진행하여 본 보고서의 20페이지의 Table 3.과 결과가 동일함

◆ 현장 가공적성 시험을 통한 최적 제조 공정 확립

● 배경 및 목적

- 실험실 규모(lab scale)에서의 최적 산침지 및 살균 조건을 바탕으로 하여 산업 규모(kg/시간)의 연속식 산 침지 및 살균 조건을 B2C 및 B2B 단량에 따라 확립

● 연구개발 내용

- 실험실 규모에서 시생산 규모로 scale-up하여 ㈜신양식품의 최적 산침지 및 살균 조건을 도출
- 떡의 침지 전후, 증숙 전후 pH 변화 확인
- 원료에 따른 압출 떡 제조 후 소비자 기호도 평가

● 연구 결과

- 강원대학교와 협동연구를 통하여 도출한 산침지 공정 및 살균 공정 조건을 본 회사의 공정에 적용하였음.

- 강원대학교에서 실험실 스케일에서 수행한 내용은(연구수행내용과 결과는 본 보고서의 살균 가공기술 연구(내/외부 살/멸균 기술 등) 중 (다) Lab-scale을 통한 현장 스케일 살균 공정) 도출 부분에서 확인이 가능함.

◆ 쌀가루 원료에 첨가한 산미료의 미생물적 저감 효과가 증숙 및 냉각 공정에서 감소하는 정도 측정

◆ 떡의 굵기 조절 시 각 굵기에 따른 산미료 및 살균 조건이 달라지므로 이를 확립

◆ 산미료 첨가 및 침지와 살균이 최종적으로 떡 품질에 미치는 영향을 확인 후 품질 변화를 최소화시키는 조건 확립

◆ 원료(쌀, 쌀가루)에 따른 압출 떡 제조 후 소비자 기호도 평가를 통한 떡의 조직감 및 맛 평가

- 위와 같은 연구결과를 바탕으로 실제 생산공정을 설계하여 제품을 생산함

- 떡볶이 떡의 원료가 증숙-혼합기에 투입되어 120~130℃에서 2~3분간 증숙 및 혼합됨

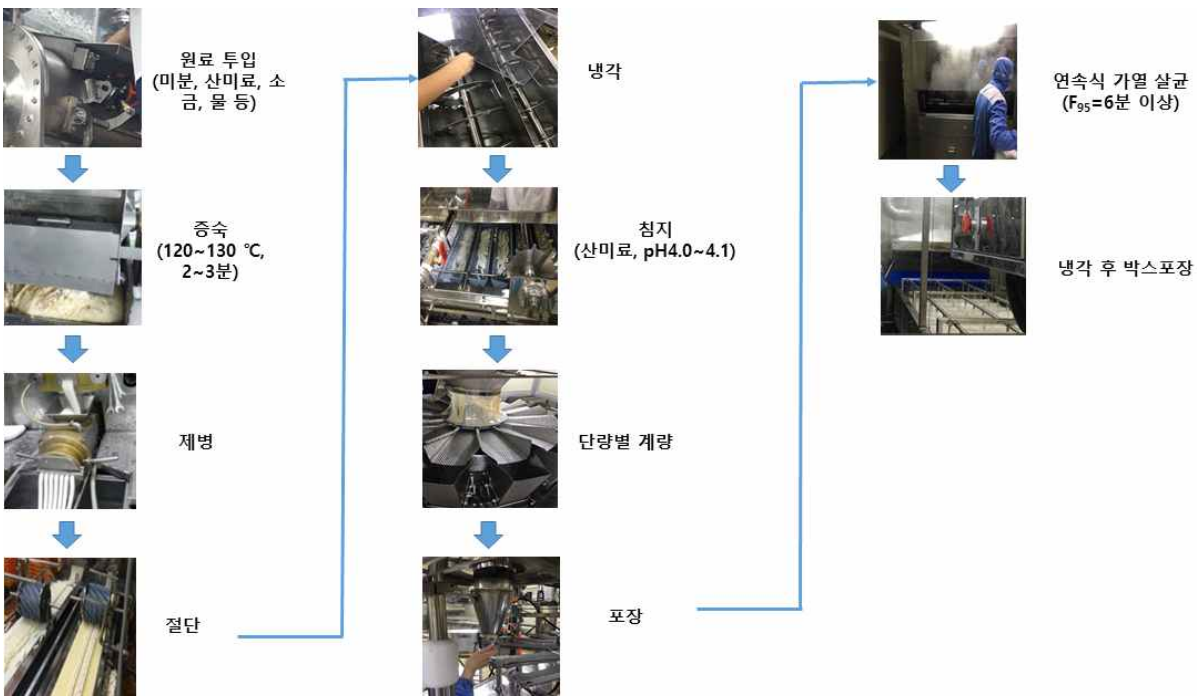
- 증숙 및 혼합이 완료된 후 제병기를 통하여 떡이 압출되어 절단기를 통과하며 절단됨

- 절단되어 냉각 된 떡볶이 떡은 산미료(PD) 10% 용액 60kg이 담긴 침지조에 1분 50초 동안 침지되는 공정을 이동함

- 산침지가 완료된 떡볶이 떡은 유화유지가 떡볶이 떡의 표면에 분무된 후 계량기를 통하여 포장재에 150g씩 자동 포장됨

- 포장된 150g 단량의 떡볶이 떡은 95 ℃ 살균기에서 50분동안 살균이 이루어짐(F_{95} = 6분)

- 살균이 완료된 떡볶이 떡은 냉각 과정을 거친 후 박스 포장되어 출하됨



<Figure 103. ㈜신양식품의 상온 장기 유통을 위한 떡볶이 떡의 제조 공정도>

- 위의 공정에서 압출성형 후, 냉각 후 떡볶이 떡의 pH는 모두 pH 6.39임

- 냉각된 떡볶이 떡이 침지 공정을 거친 후 pH가 pH 3.91로 목표 하였던 pH인 4.00 범위로 pH가 낮아지는 것을 확인하였음

- 산침지 후 살균공정을 거친 떡볶이 떡의 pH는 pH 3.94으로 pH가 낮아진 떡볶이 떡은 살균 전후 떡의 pH가 변화하지 않는 것을 확인하였음

- 이를 바탕으로 상온유통 떡볶이 떡 제조와 관련된 HACCP공정을 설계 후 인증받아 적용 중

5	HACCP관리기준
	제 품 설 명 서

6) 실 온 떡 볶 이	
제 품 명	신양쌀떡볶이, 신양밀떡볶이, 떡볶이떡
식품 유 형	떡 류
성 상	이미 이취가 없는 백색 원통형 모양의 떡
품목제조보고 연월일 보고자	2018 년 11 월 29 일 / 최윤덕
작 성 자 작성연월일	정은미 / 2019 년 09 월 20 일

<Figure 104. 실온 떡볶이 (상온유통 떡볶이)의 HACCP관리기준>

◆ 신공정을 적용한 상온 떡볶이 떡의 품질평가 수행

● 배경 및 목적

- 산침지-살균 공정을 적용하여 제조된 떡볶이 떡의 외부인원을 통한 품질평가 필요

- 수출용 떡볶이 생산을 목표로 하므로 내국인과 외국인의 관능평가 필요

● 연구내용

- 원료(쌀, 쌀가루)에 따른 압출 떡 제조 후 소비자 기호도 평가를 통한 떡의 조직감 및 맛 평가를 위해 관능평가를 실시하였음.

- 관능평가 대상으로는 다양한 연령대 층의 일반인들로서 ㈜신양식품 및 인근 공단에 근로 중인 외국인 및 한국인 15명을 대상으로 진행하였음

- 관능검사는 상온 장기유통 떡볶이 떡 개발에 대한 설명을 진행한 후 실험군 A와 B에 대한 맛, 조직감, 전체적인 기호도에 대하여 7점 척도법으로 진행하였음.

- 쌀 원료를 사용하여 제조한 떡을 대조군으로서 ‘A’ 로 설정하였으며, 쌀가루 원료를 사용하여 제조한 떡을 ‘B’ 라고 지정하였음.

- 원료에 따른 압출 떡의 조리 후의 기호도를 알아보기 위하여 동일한 시판 떡볶이 양념을 이용하여 조리하였음.

- 기호도를 ‘좋다’와 ‘싫다’로 평가하도록 하였을 때의 조사 결과, 떡볶이 떡과 시중에 판매하는 떡볶이용 소스를 함께 조리한 샘플의 기호도 조사에서는 15명 모두 ‘좋다’ 고 평가하였음.

- 관능 항목에서 관능 특성을 7점 척도로 하여 소스를 제외한 떡볶이 떡의 기호도를 평가한 결과는 Table 81. 과 같았음

- 기호도 조사 결과 조직감의 경우 A는 ‘좋다’ , B는 ‘약간 좋다’ 에 해당하는 점수를 확인하였으며, 맛의 경우 A는 ‘약간 좋다’ , B는 ‘좋다’ 에 해당하는 점수를 확인하였음

- 전체적인 기호도의 경우 A, B 모두 ‘좋다’ 의 범위로, 쌀 및 쌀가루로 제조한 압출 떡의 경우 원료에 관계없이 모두 소비자 기호도를 만족함을 확인하였음.

관능특성	점수	
	A	B
조직감	6.13±0.74	5.93±0.80
맛	5.8±1.01	6.0±0.90
전체적인 기호도	6.13±0.83	6.2±0.56

<Table 81. 원료에 따른 압출 떡의 소비자 기호도 평가 결과>

<Figure 105. 원료에 따른 압출 떡의 관능평가 실시>

◆ **상품화된 시제품의 상온유통기한 평가의뢰 결과**

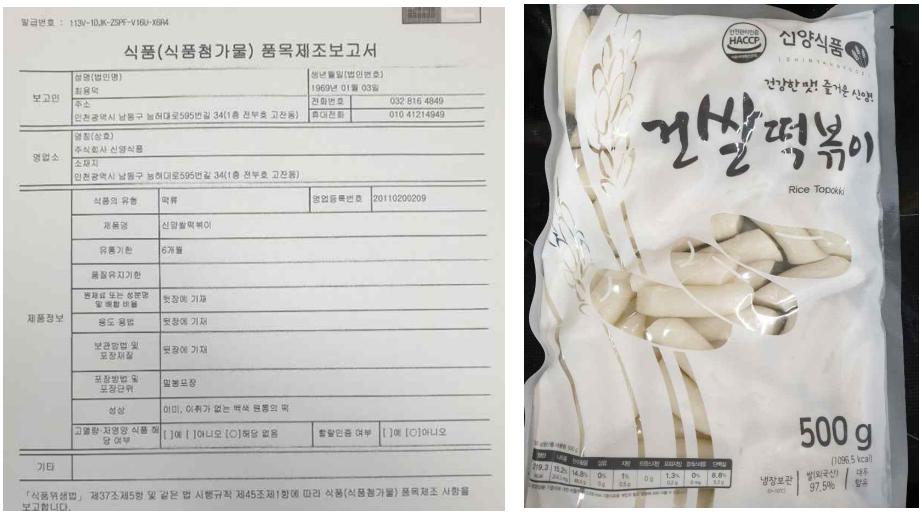
● **배경 및 목적**

- 랩 스케일 및 산업 스케일 연구를 통해 확립한 기술을 접목시켜 상온 유통용 **B2C 및 B2B** 떡볶이 떡의 유통기한 검증 필요

● **수행내용**

- 주관기관인 강원대학교를 통하여 공인기관인 ㈜식품환경연구센터에 유통기한평가를 의뢰하여 수행

● **연구결과**



식품(식품첨가물) 품목제조보고서

보고인	성명(법인명)	생년월일(법인번호)	1969년 01월 03일
	최용덕		
	주소	전화번호	032-816-4849
	인천광역시 남동구 능허대로595번길 34(1층 전부호 고잔동)	휴대전화	010 41214949
영업소	명칭(상호)		
	주식회사 신양식품		
	소재지		
	인천광역시 남동구 능허대로595번길 34(1층 전부호 고잔동)		
제품정보	식품의 유형	떡류	영업등록번호 20110200209
	제품명	신양찰떡볶이	
	유통기한	6개월	
	품질유지기한		
	원재료 또는 성분명 및 혼합비율	뒷장에 기재	
	용도 용법	뒷장에 기재	
	보관방법 및 포장재질	뒷장에 기재	
	포장방법 및 포장단위	밀봉포장	
	성상	이미, 이취가 없는 백색 원통의 떡	
	고열량·저영양 식품 해당 여부	[ ]예 [ ]아니오 [○]해당 없음	할랄인증 여부 [ ]예 [○]아니오
기타			

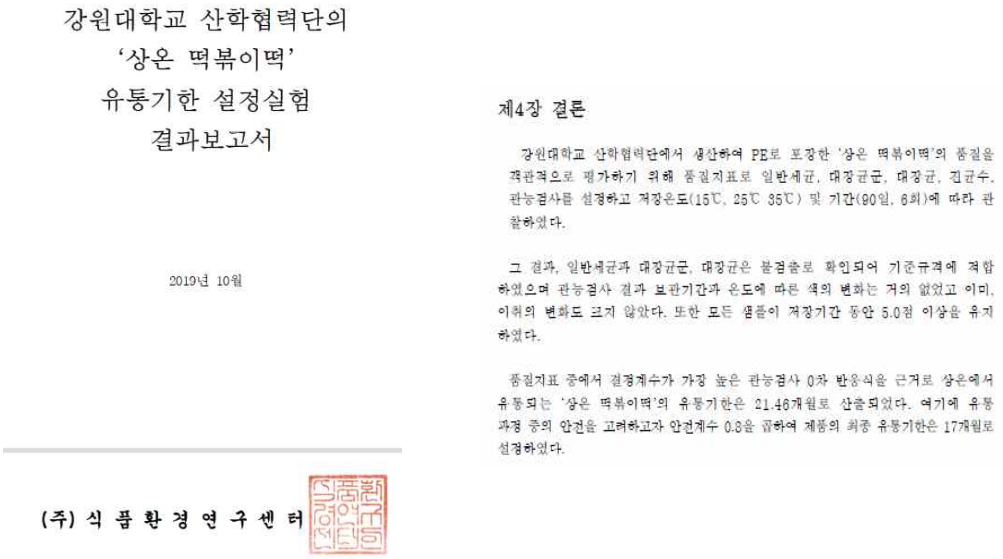
「식품위생법」 제37조제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조제1항에 따라 식품(식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.

<Figure 106. 유통기한 의뢰 사용 제품 및 제조보고서>

- 공인의뢰기관인 ㈜식품환경연구센터는 샘플들(B2C, B2B)을 90일 동안의 저장 실험(저장온도: 15, 25, 35℃)을 진행하여 일반세균, 대장균군, 대장균 모두 불검출로 확인되어 기준규격에 적합함을 확인하였음.

- 추가적으로 품질지표 중에서 결정계수가 가장 높은 관능검사 0차 반응식을 근거로 상온에서 유통할 시 유통기한은 22.37개월 (680.53일)로 산출되었음.

- 최종적으로, 과정 중의 안전을 고려하고자 안전계수 0.8을 곱하여 제품의 최종 유통기한의 경우 17개월 (544일)로 설정가능하다는 결론이 지어졌음. (Figure 107, 108 참조)



강원대학교 산학협력단의
'상온 떡볶이떡'
유통기한 설정실험
결과보고서

2019년 10월

(주) 식 품 환 경 연 구 센 터

제4장 결론

강원대학교 산학협력단에서 생산하여 PE로 포장한 '상온 떡볶이떡'의 품질을 객관적으로 평가하기 위해 품질지표로 일반세균, 대장균군, 대장균, 집균수, 관능검사를 설정하고 저장온도(15℃, 25℃ 35℃) 및 기간(90일, 6회)에 따라 관찰하였다.

그 결과, 일반세균과 대장균군, 대장균은 불검출로 확인되어 기준규격에 적합하였으며 관능검사 결과 보관기간과 온도에 따른 색의 변화는 거의 없었고 이미, 이취의 변화도 크지 않았다. 또한 모든 샘플이 저장기간 동안 5.0점 이상을 유지하였다.

품질지표 중에서 결정계수가 가장 높은 관능검사 0차 반응식을 근거로 상온에서 유통되는 '상온 떡볶이떡'의 유통기한은 21.46개월로 산출되었다. 여기에 유통과정 중의 안전을 고려하고자 안전계수 0.8을 곱하여 제품의 최종 유통기한은 17개월로 설정하였다.

<Figure 107. B2C용 유통기한 의뢰 결과보고서>

강원대학교 산학협력단의
'상온 떡볶이떡(B2B)'
유통기한 설정실험
결과보고서

2020년 9월

(주) 식 품 환 경 연 구 센 터

제4장 결론

강원대학교 산학협력단에서 생산하여 PE로 포장한 '상온 떡볶이떡(B2B)'의 품질을 객관적으로 평가하기 위해 품질지표로 일반세균, 대장균군, 대장균, 집균수, 관능검사를 설정하고 저장온도(15℃, 25℃ 35℃) 및 기간(90일, 6회)에 따라 관찰하였다.

그 결과, 일반세균과 대장균군, 대장균은 불검출로 확인되어 기준규격에 적합하였으며 관능검사 결과 보관기간과 온도에 따른 색의 변화는 거의 없었고 이미, 이취의 변화도 크지 않았다. 또한 모든 샘플이 저장기간 동안 5.0점 이상을 유지하였다.

품질지표 중에서 결정계수가 가장 높은 관능검사 0차 반응식을 근거로 상온에서 유통되는 '상온 떡볶이떡(B2B)'의 유통기한은 22.37개월로 산출되었다. 여기에 유통과정 중의 안전을 고려하고자 안전계수 0.8을 곱하여 제품의 최종 유통기한은 17개월로 설정하였다.

<Figure 108. B2B용 유통기한 의뢰 결과보고서>

<Table 82. 저장기간 90일간 B2C 및 B2B 떡볶이 떡의 일반세균 품질변화 결과>

저장기간 (일)	15℃	25℃	35℃
0	불검출		
15	불검출	불검출	불검출
30	불검출	불검출	불검출
45	불검출	불검출	불검출
60	불검출	불검출	불검출
75	불검출	불검출	불검출
90	불검출	불검출	불검출

<Table 83. 저장기간 90일간 B2B 떡볶이 떡의 대장균군 품질변화 결과>

저장기간 (일)	15℃	25℃	35℃
0	불검출		
15	불검출	불검출	불검출
30	불검출	불검출	불검출
45	불검출	불검출	불검출
60	불검출	불검출	불검출
75	불검출	불검출	불검출
90	불검출	불검출	불검출

<Table 84. 저장기간 90일간 B2B 떡볶이 떡의 대장균 품질변화 결과>

저장기간 (일)	15℃	25℃	35℃
0	불검출		
15	불검출	불검출	불검출
30	불검출	불검출	불검출
45	불검출	불검출	불검출
60	불검출	불검출	불검출
75	불검출	불검출	불검출
90	불검출	불검출	불검출

◆ **신공정으로 제조된 제품의 원가 분석 및 생산성 분석을 통한 경제성 검증**

● **배경**

- 유통기한 연장을 위한 신공정의 경제성 평가

● **수행내용**

1) 공정의 경제성 비교 - 원가분석

- 기존의 떡볶이 떡 제조공정과 원가와 공정비용의 상대적 비교

- 시간 당 생산량 250kg을 기준으로 하여 비교함

- 장비의 감가상각은 계상하지 않음, 이는 기존 공정에서 차지하는 방냉건조실의 운영과 수침 저장 및 분쇄의 운영비와 상쇄된다고 가정 함

1.1) 원료가의 상승요인:

- 미분: 10~15%
- 침지용 산미료: 1~3% (주정처리를 비용과 상쇄가능)
- 포장비: 95C 유지 시 기존 포장재와 동일하므로 해당 없음

1.2) 제조 공정 중의 운용비 상승요인:

- 에너지 비용: 2~10% (연속공정 여부에 따라 차이가 남)

1.3) 원료가의 감소요인:

- 방냉건조실의 주청저리 비용 (-1~2%)

1.4) 제조 공정 중의 운용비 감소요인:

- 작업자 수의 감소: 기존 capa의 6인 중 3인 절감
- 저온 (4C) 방냉건조실 운영비 감소 (-3~5%)
- 수침 후 분쇄 공정시 의 운영비 감소 (-1~2%)
- 시간 당 생산성. 기존 공정의 batch 제조와는 비교하기 어려움 시간당 250kg의 연속 생산 공정은 가동률이 높아질 경우 매우 큰 원가 경쟁력이 됨

2) 신공정제품 대비 기존제품의 가격차이

- 현재 신공정을 통한 연속공정을 지속적으로 운영하지 않은 상태이므로 정확한 경제성을 평가하기는 어려우나, 기존의 공정대비 원가측면에서 10~12% 정도의 비용 상승요인이 있다고 판단 됨.

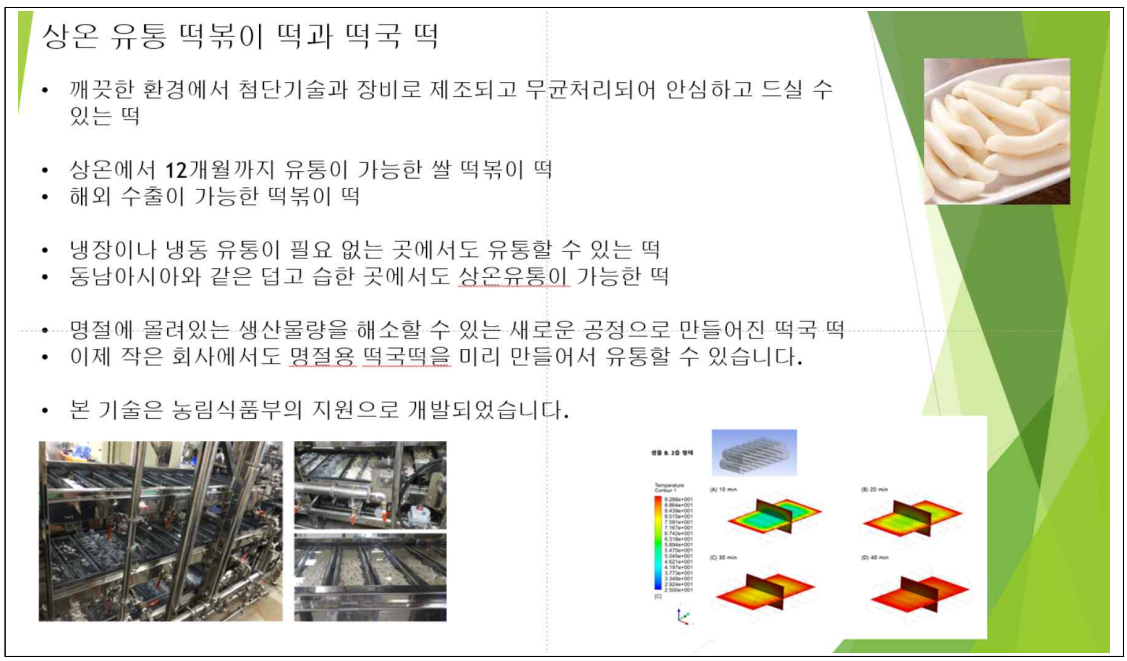
- 비용의 주된 상승요인은 가열살균공정의 에너지 비용으로 판단됨. 이를 극복하기 위해서는 효율적인 사전 감균의 복합공정에 대한 기술개발이 지속적으로 이루어질 필요가 있음

- 10~12%의 원가상승요인을 해외 수출등의 절대적으로 필요한 구매자와는 협상이 가능한 가격 형성대라 판단 됨

- 에너지 절감 등의 기술개발은 기존 공정의 제품보다 원가 우위를 가져올 수 있는 잠재성을 가지고 있음

◆ **컨셉보드 작성**

- 상온 유통 제품의 장점을 부각시키는 상품화
- 다양한 형상을 강조하는 상품화
- 개발된 제품의 장점을 부각하여 B2B용 컨셉보드 제작하여 홍보



<Figure 109. 개발기술로 만들어진 마케팅 컨셉보드>

- 연구개발된 기술로 만들어진 제품의 마케팅적 강점을 바탕으로 B2B업체에 홍보가 가능한 컨셉을 도출하였음

◆ **다양한 형상의 압출떡 개발**

● **배경**

- 현재 압출떡은 떡의 고유한 특성으로 원통형 떡과 절편형 떡만이 주로 출시되고 있음

- 다양한 소비자의 요구사항에 따라 형상이 다른 떡의 개발이 필요

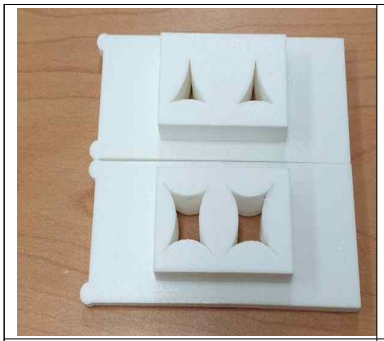
- 하지만, 떡의 고유한 점탄성성질은 떡의 형상을 원하는대로 만들기가 매우 어려움

- 형상을 조절할 수 있는 고유기술의 확보가 필요

● **연구내용 및 결과**

- 강원대학교 식품공정공학연구실의 파일롯 장비와 연구실내 보유하고 있는 시뮬레이션 프로그램을 통한 압출기의 출구의 형상을 변환하여 압출 시의 떡의 형상을 조절함

- 아래와 같은 다양한 모양의 떡을 압출하기 위한 frame을 COMSOL Multiphysic 5.2a (COMSOL Multyphysic, Stockholm, Sweden)로 디자인 하여, 3D printer로 출력하였음. 떡이 압출될 때 가해지는 힘과 점탄성으로 인해 떡의 모양이 변형될 것을 감안하여 삼각형과 사각형의 모형에서 안쪽으로 파인 모양의 구를 적용하였음. 이후 해당 frame을 적용한 후 떡을 압출하여 사각형과 삼각형의 떡볶이 떡을 성공적으로 압출하였음.



계산을 통한 사출구 제작

사출구를 강원대학교의 압출기에 부착

실제 제조된 4각형 모양의 떡

<Figure 110. 다양한 모양의 떡볶이 떡 생산을 위한 frame 개발>

- 이와 같은 사출구의 형상을 조절하여 아래와 같은 심장모양(heart모양)의 제품을 성공적으로 제조하여 판촉 중
- 이는 다양한 소비자의 요구에 부합하는 새로운 개념의 마케팅 전략

심장(heart)모양의 압출떡	개발된 제품의 정량측정

<Figure 111. 사출구의 형상을 변경하여 개발한 심장모양의 압출떡>

◆ **상온유통 떡의 안정적 생산화를 위한 자가적인 연구결과물**

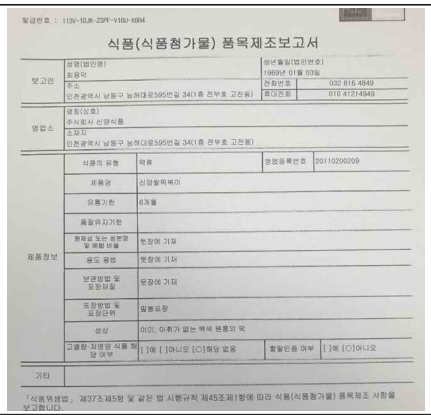
● **연구개발 내용**

- 수출용 떡볶이 떡 제품 개발을 위한 상품화

- 상품화를 위하여 품목제조보고서, HACCP인증을 받음

- ㈜신양식품에서 생산한 상온유통이 가능한 떡볶이 떡의 상품화를 위하여 자가품질검사와 영양평가를 진행하였음

● **연구 결과**

	
수출을 위한 상온 떡볶이 떡의 품목제조보고서	실온 떡볶이 제조공정의 HACCP관리기준

<Figure 112. 수출을 위한 품목제조보고서 및 HACCP관리기준>

- ㈜신양식품에서 생산한 상온유통이 가능한 떡볶이 떡의 상품화를 위하여 자가품질과 영양평가를 ㈜세스코 시험분석센터에 의뢰하였음

- 자가품질보고서(영양평가)는 ㈜세스코 시험분석센터에 의뢰하였으며 분석결과 탄수화물 50.3g/100g, 단백질 4.1g/100g, 지방 1.2g/100g 등의 결과를 확인하였음

시험 · 검사성적서

발행번호		C20190809-0009	접수번호	1R-19-05636
검사완료일		2019-08-09	접수연월일	2019-08-02
제품명		신양쌀떡볶이5월16일		
(품목)제조번호			품목제조보고(신고)번호	
유형·재질·품목명		기타기준규격외		
제조(수입)일			유통(품질유지)기한	
의뢰자	성명	최용덕	업체명	주식회사 신양식품
	소재지	인천광역시 남동구 능허대로595번길 34 (고잔동)		
제조원	업체명		제조국	
	소재지			
시험·검사목적		식품(참고용검사)		

시험·검사 항목 및 결과

시험·검사 항목	시험·검사 기준	시험·검사 결과	단위	판정	시험검사원	비고
열량	기준없음	228.4	kcal/100g	상기실험확인함	윤원진	
탄수화물	기준없음	50.3	g/100g	상기실험확인함	윤원진	
당류	기준없음	0.0	g/100g	상기실험확인함	차미현	
단백질	기준없음	4.1	g/100g	상기실험확인함	마영욱	
지방	기준없음	1.2	g/100g	상기실험확인함	임하은	
포화지방	기준없음	0.2	g/100g	상기실험확인함	나영준	
트랜스지방	기준없음	0.0	g/100g	상기실험확인함	나영준	
콜레스테롤	기준없음	0.0	mg/100g	상기실험확인함	윤원진	
나트륨	기준없음	273.7	mg/100g	상기실험확인함	차미현	

종합판정 : 상기실험확인함

시험검사책임자 :
추서수

<Figure 113. 상온유통이 가능한 떡볶이 떡의 영양성분 분석 결과>

시험확인증 미검증 정부시험확인센터

시험 · 검사성적서

식품의약품안전처 지정번호 : 식품 제100호

발행번호	R20190813-0037			접수번호	190103402-001
검사완료일	2019-08-13			접수연월일	2019-08-02
제품명	신양쌀떡볶이				
(품목)제조번호				품목제조신고번호	2011020020926
유형 · 재질 · 품목명	떡류				
제조(수입)일	2019-05-16		유통(품질유지)기한	2019-11-15	
의뢰자	성명	최용덕	업체명	주식회사 신양식품	
	소재지	인천광역시 남동구 능허대로595번길 34(1층 전부호 고잔동) 전화번호: 팩스번호: 전자우편:			
제조원	업체명	주식회사 신양식품		제조국	
	소재지	인천광역시 남동구 능허대로595번길 34(1층 전부호 고잔동)			
시험 · 검사목적	식품 | 자가품질위탁검사				

시험 · 검사 항목 및 결과

시험 · 검사 항목	시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고
대장균	n=5, c=1, m=0, M=10	0, 0, 0, 0, 0	적합	
보존료(g/kg)	적합	적합	적합	

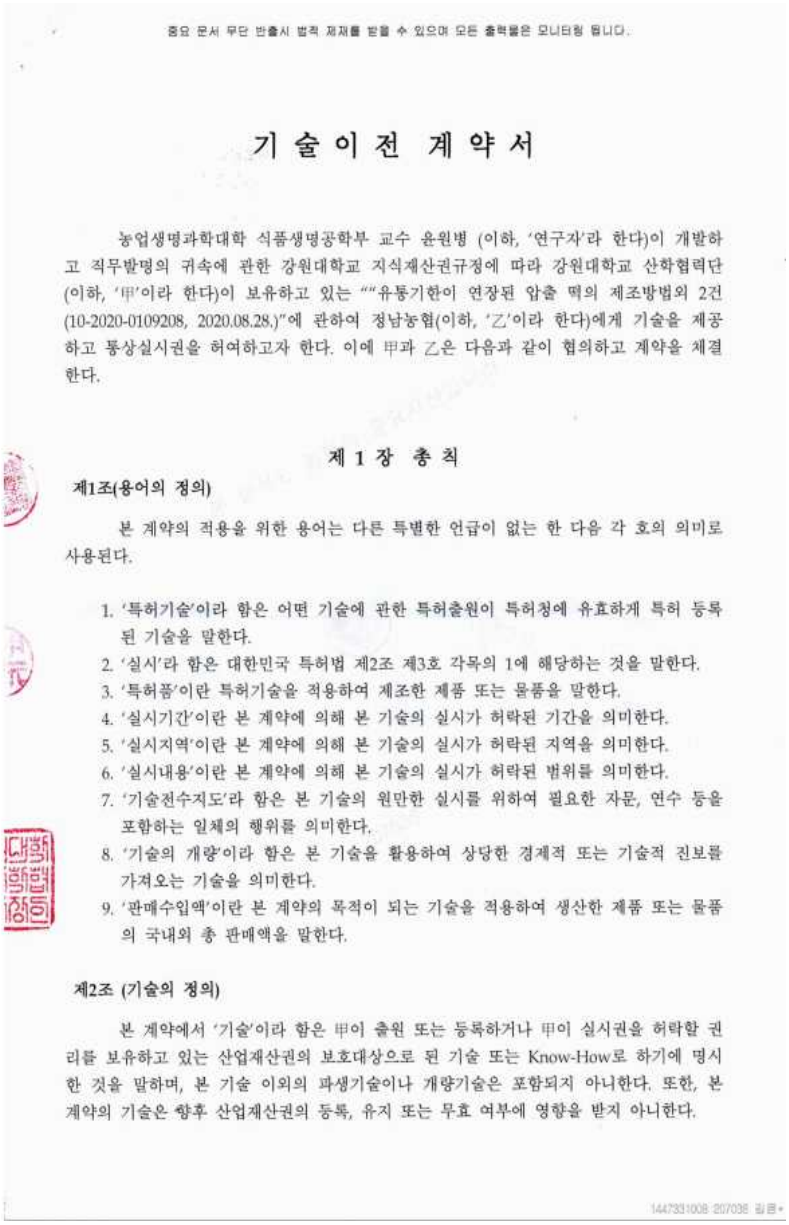
<Figure 114. 상온유통이 가능한 떡볶이 떡의 자가품질검사 결과>

3. 참여기업(정남농협)

가. 현장적용을 통한 실증연구

● 농협경제지주와 협의하여 압출 떡 생산현장인 정남농협에 개발기술의 기술이전 실시

- 강원대학교 산학협력단은 아래와 같이 기술이전 계약서를 정남농협과 체결함



중요 문서 무단 반출시 법적 제재를 받을 수 있으며 모든 출력물은 모니터링 됩니다.

기 술 이 전 계 약 서

농업생명과학대학 식품생명공학부 교수 윤원병 (이하, '연구자'라 한다)이 개발하고 직무발명의 귀속에 관한 강원대학교 지식재산권규정에 따라 강원대학교 산학협력단(이하, '甲'이라 한다)이 보유하고 있는 ""유통기한이 연장된 압출 떡의 제조방법외 2건(10-2020-0109208, 2020.08.28.)"에 관하여 정남농협(이하, '乙'이라 한다)에게 기술을 제공하고 통상실시권을 허여하고자 한다. 이에 甲과 乙은 다음과 같이 협의하고 계약을 체결한다.

제 1 장 총 칙

제1조(용어의 정의)

본 계약의 적용을 위한 용어는 다른 특별한 언급이 없는 한 다음 각 호의 의미로 사용된다.

1. '특허기술'이라 함은 어떤 기술에 관한 특허출원이 특허청에 유효하게 특허 등록된 기술을 말한다.
2. '실시'라 함은 대한민국 특허법 제2조 제3호 각목의 1에 해당하는 것을 말한다.
3. '특허품'이란 특허기술을 적용하여 제조한 제품 또는 물품을 말한다.
4. '실시기간'이란 본 계약에 의해 본 기술의 실시가 허락된 기간을 의미한다.
5. '실시지역'이란 본 계약에 의해 본 기술의 실시가 허락된 지역을 의미한다.
6. '실시내용'이란 본 계약에 의해 본 기술의 실시가 허락된 범위를 의미한다.
7. '기술전수지도'라 함은 본 기술의 원만한 실시를 위하여 필요한 자문, 연수 등을 포함하는 일체의 행위를 의미한다.
8. '기술의 개량'이라 함은 본 기술을 활용하여 상당한 경제적 또는 기술적 진보를 가져오는 기술을 의미한다.
9. '판매수입액'이란 본 계약의 목적이 되는 기술을 적용하여 생산한 제품 또는 물품의 국내외 총 판매액을 말한다.

제2조 (기술의 정의)

본 계약에서 '기술'이라 함은 甲이 출원 또는 등록하거나 甲이 실시권을 허락할 권리를 보유하고 있는 산업재산권의 보호대상으로 된 기술 또는 Know-How로 하기에 명시한 것을 말하며, 본 기술 이외의 파생기술이나 개량기술은 포함되지 아니한다. 또한, 본 계약의 기술은 향후 산업재산권의 등록, 유지 또는 무효 여부에 영향을 받지 아니한다.

제 3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도	연구개발 수행내용
1차 년도 (2019)	강원대학교 산학협력단	압출 떡 생산・유통현황 조사	100%	◆ **농협에 압출 떡을 납품하고 있는 지역농협의 현황파악** - 역매칭 연구비 부담기관인 농협, IPET, 및 연구과제 수행기관으로 구성된 과제 협의회에서 역매칭 과제로 정남농협의 떡의 집중하여 현황을 파악 - 이에 따라 과제 협의회에서 정남농협에서 주로 생산하는 떡볶이 떡의 현황파악을 실시 - 정남농협의 수출용 떡볶이 떡은 주로 유럽으로 제품은 800g 단량이 유통되며 유통기한은 냉장유통으로 120일(약 4개월)임
		기존 상온 압출 떡류(떡볶이, 떡국용) 가공기술 연구	100%	◆ **선행 가공기술별 특성 검토** 1) 현재 압출 떡의 상온유통기한 연장에 사용되는 가공기술을 선별 2) 선별된 주요 유통기한 연장기술의 실제 미생물적 안정성에 대한 기여도 분석 3) 미생물 제어기술은 떡볶이 떡의 제조공정의 흐름에 따라 (1)원료선별, (2)증숙/성형 후 건조, (3)포장 전 주정처리, (4)포장 용기 내의 탈산소제 첨가로 구분하여 분석함 ▪ 원료의 미생물 조절: ▪ 성형 후 건조를 통한 수분함량 조절 방법 ▪ 주정처리를 통한 비살균 미생물 제어: ▪ 포장용기 내 탈산소제를 첨가

			100%	◆ **유통기한 연장을 위한 선행 가공기술 중 개선 사항 발굴** 1) 원료의 초기 미생물 조절 2) 산침지를 통한 초기 미생물 제어 및 성장억제 효과 도출 3) 가열살균을 통한 상업적 멸균과정 도출 • 기존의 전통적인 공정에 사용되는 쌀, 건조, 주정, 탈산소제의 방법에 의한 상온유통의 한계를 극복하기 위한 미분의 혼합증숙 동시 공정과 산침지 후 가열살균 복합공정 도입 ▪ 산침지의 최적공정은 ㈜신양식품의 생산라인 공정 생산성을 고려하여 침지조 내에서 2분간 진행하여 목표 pH 4에 도달
		상온 떡 유통기한 연장기술 연구	100%	◆ **원료 쌀가루 전처리 기술개발** - 쌀가루의 표면적 증가로 인한 2차오염 방지와 산침지공정의 최적화를 도출하기 위한 산배합공정 개발 - 산배합 후 산미료침지 공정의 2원화를 통한 공정최적화 도출 - 쌀 원물로 만든 떡과 쌀가루(건식 및 습식)로 제조한 떡의 조직감 및 관능검사 평가
			100%	◆ **최적 가공기술 연구(증숙, 성형, 절단 기술 등)** 1) 미분의 표면적 증가로 인한 2차오염을 최소화하기 위한 혼합증숙 동시 공정개발 2) 미분의 혼합증숙 공정과 산침지 공정의 최적화를 위한 산배합과 혼합증숙 동시 공정 효과 도출 3) 산업적규모로 생산된 떡의 품질을 실험실 규모에서 재현하기 위한 연속식 압출떡 제조 공정 개발

			100%	◆ **살균 가공기술 연구(내/외부, 살/멸균 기술 등)** 1) 본 연구의 핵심적인 가공기술인 침지 후 가열살균 공정의 최적화를 위한 최적 침지 공정 및 최적살균공정 도출 2) 쌀가공제품의 위해균인 B. *cereus*와 포장용기 내 떡의 냉점을 기준으로 한 최적 살균도 (F-value) 도출 ▪ 최적 살균도 도출 ▪ 최적 산침지-살균 복합공정 도출 ▪ 유통기한검증
			100%	◆ **표면코팅 및 포장 가공기술 연구** 1) 표면코팅효과의 극대화를 위한 산미료 배합 후 침지공정 도출 2) 함기 포장 후 가열살균 조건의 문제점인 살균 시 포장재 불량률 최소화를 위한 최적 실링조건 도출 3) 초기 미생물 오염도와 탈산소제효과 검증 ▪ 산미료 배합 후 산침지 공정 ▪ 함기포장의 실링조건에 따른 불량률 평가 ▪ 탈산소제 효과 비교
	㈜신양식품	압출 떡 생산・유통현황 조사	100%	◆ **농협에 압출 떡을 납품하고 있는 지역농협의 현황파악** - 역매칭 부담기관인 농협, IPET, 연구과제 수행 연구기관으로 구성된 과제협의회에서 역매칭 과제로 정남농협의 떡의 집중하여 현황을 파악하기로 결정 - 이에 따라 과제 협의회에서 정남농협에서 주로 생산하는 떡볶이 떡의 현황파악을 실시

		상온 신 유통 가공공정 기술 확립	100%	◆ **외부 오염 및 기타 요인으로 인한 제품 위해 발생 방지를 위한 공정 설계** - 기존의 쌀을 이용한 압출 떡 제조와 건조 공정 시의 미생물적 안정성 문제점을 보안한 미분을 이용하여 혼합증숙공정 및 산침지-살균 신공정을 도출 ▪ 산침지의 최적공정은 ㈜신양식품의 생산라인 공정 생산성을 고려하여 침지조 내에서 2분간 진행하여 목표 pH 4에 도달
			100%	◆ **현장 가공적성 시험을 통한 최적 제조 공정 확립** - 랩스케일을 산업스케일로 증가시켜 시제품 생산
			100%	◆ **시제품 및 상품화 연구(떡볶이, 떡국류)** - 수출용 떡볶이 떡으로서 상온 유통 제품의 장점이 부각된 상품화

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도	연구개발 수행내용
2차 년도 (2020)	강원대학교 산학협력단	상온 떡 유통기한 연장기술 연구	100%	◆ 대단량 (B2B) 제품의 살균 가공기술 연구(내/외부 살/멸균 기술 등) - B2B 제품 및 굵기와 성상이 다른 압출 떡의 살균 공정 최적화 - 포장 단량과 떡의 굵기가 침지 및 가열 공정에 미치는 영향 분석 - 품질 특성(물성, 색도, 형상 분석, 관능평가 등) 변화를 최소화하는 저온의 스팀 살균 기술을 적용 - F-value를 통해 최적 살균 시간 도출 - 샘플의 초기 균수에 따른 타겟 살균도 도출 - 샘플의 B2B 단량에 따른 냉점 분석 - pH에 따른 살균도 및 상관관계 도출 - 살균 후 품질 특성(색도, 조직감, 형상 분석, 관능평가) 검증
				◆ 압출 떡의 직경 변화에 따른 표면코팅 및 포장 가공기술 연구 - 압출 떡의 굵기에 따른 침지 시 표면및 내부 pH 변화 확인 - 떡의 산미료 침지 시 품질 변화를 최소화하면서 미생물 저감에 효과적인 산미료의 적정 농도 및 pH 확립 - 산미료 농도 및 시간에 따른 떡의 pH 변화 확인 - 떡 표면의 pH와 떡의 굵기에 따른 품질 상관관계 검증 - 포장재의 산소 투과도 측정을 통한 적합한 포장재 선정

		(2) 현장 적용을 통한 실증연구	100%	◆ 농협경제지주와 협의하여 압출 떡 생산현장에서 개발기술 실증 - 정남농협 압출 떡 가공공장으로 기술 이전 - 정남농협 가공 공정 분석 후 기술 이전 및 개선 사항 정립 - 기술 이전서 작성 및 기술이전 수행 (㈜신양식품과 공동 수행)
	신양식품	(1) 상온 신 유통 가공공정 기술 확립	100%	◆ 현장 가공적성 시험을 통한 최적 제조 공정 확립 - 산미료 침지 및 냉각 공정의 구간별 원료 및 떡의 pH 변화와 상승 정도 확인 - 최종 떡의 목표 pH를 만족시키는 침지 조건 연구 - 전처리, 살균 전후의 압출 떡 물성 및 형상 변화 확인 및 변화 최소화를 위한 연구
			100%	◆ 시제품 및 상품화 연구(떡볶이, 떡국류) - 상온 유통 압출 떡 B2B 시제품 생산 계획 - 압출 떡의 다양한 굵기 및 모양을 반영하는 상품화 계획
		(2) 현장 적용을 통한 실증연구	100%	◆ 농협경제지주와 협의하여 압출 떡 생산현장에서 개발기술 실증 - 정남농협 압출 떡 가공공장으로 기술 이전 - 정남농협 가공 공정 분석 후 기술 이전 및 개선 사항 정립 - 기술 이전서 작성 및 기술이전 수행 (㈜강원대학교 산학협력단과 공동 수행)

	정남농협	(1) 현장 적용을 통한 실증연구	100%	◆ 농협경제지주와 협의하여 압출 떡 생산현장에서 개발기술 실증 - 정남농협 압출 떡 가공공장으로 기술 이전 - 정남농협 가공 공정 분석 후 기술 이전 및 개선 사항 정립 - 기술 이전서 작성 및 기술이전 수행 (㈜강원대학교 산학협력단과 공동 수행)

제 4장 연구결과의 활용 계획 등

4. 연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과

4-1. 연구개발 결과의 활용방안

○ 상온유통이 가능한 원가 경쟁력을 갖춘 압출 떡 생산 시스템 구축

- 개선된 생산시스템 적용 후 시제품 생산 및 생산체계 구축

- 표준화된 압출 떡 제품 생산 체계 확립

- 압출 떡 생산 공정의 경제성 분석을 통한 가격 경제 확보 방안 마련

- 공정 조건 변화를 통한 압출 떡 물성 조절 기술 개발

○ 상온유통 압출 떡 생산 기술이전 및 해외 수출 확대

- 개발공정기술을 이용한 상온유통 압출 떡 제품의 수출을 통한 해외시장 진입

- 안전성 및 규격화된 품질을 통한 압출 떡의 수출 시장 확대

- 수출용 제품의 생산 규격 확립

- 국가별 식습관별 다양한 압출 떡 제품 개발의 현장 적용 및 시제품 생산에 따른 압출 떡 제품 해외 생산 설비 구축

- 다양한 압출 떡 수출용 제품의 생산 규격 확립 및 제품의 경제성 분석

- 수출시장 확대 방안을 통한 판매 경로 확대

- 다양한 압출 떡 제품 해외 수출

- 국내 및 수출대상국의 시장조사를 통한 B2B, B2C 소비자 기호도 조사 및 수출 목표 국가의 조직감 및 현지 국가 환경에 맞는 포장법 도출

- 수출을 위한 마케팅 전략 및 제품 컨셉 도출

- 해외 거점 판매 회사 설립 추진 및 현지 거점 판매 회사 설립을 통한 해외 판매 경로 확보

- 기술 이전 전략 수립 및 수요 조사를 통한 기술 이전 수행

4-2. 기대성과 및 파급효과

○ 농식품 산업의 발전

- 압출 떡의 표준 생산 공정 확립 및 연속공정 시스템을 통한 생산성 증대와 원가 절감

- 쌀 가공식품 매출 확대로 중소기업 발전에 기여, 본 연구를 통해 얻어지는 기술이전을 통해 안전성이 확보된 제품생산이 가능하게 됨으로써 식품산업 발전에 기여.

- 압출 떡의 상온 유통기한 연장 및 이를 위한 공정 최적화에 의한 국제 경쟁력 확보

- 참여기업의 제조 현장 조건에 따른 맞춤형 최적 공정 설계를 통한 신공정 적용으로 각 기업의 신규 해외 수출 시장 창출

○ 쌀소비촉진 가능

- 압출 떡 제품 개발로 수출시장 확대와 쌀 소비 촉진

- 늘어나는 쌀 재고를 처리할 수 있어 정부의 쌀 수급안정정책에 부응

○ 연구개발과 인력양성, 고용창출 등

- 개선된 공정을 통한 해외 수출용 제품 생산을 통한 떡볶이 떡 산업 수입 증진 및 지역 경제 활성화

- 지역경제 활성화를 통한 압출 떡 관련 기업의 매출 증대 및 신규고용 창출

- 유통기한 연장을 위한 공정 개선 시스템 및 설비 현장적용을 통한 고용창출

제 5장 첨부자료

<첨부 1>

● 연구결과

1) 떡볶이 떡의 살균: 포장 단량과 방법에 따른 열전달 형상 모델 구축을 위한 샘플 제조

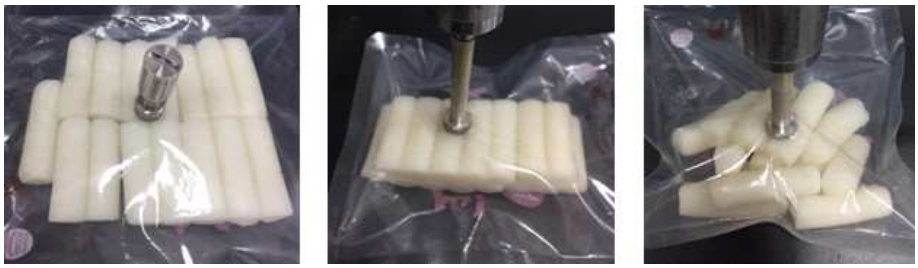
- 포장 형태에 따른 열 침투곡선을 확인하고, 냉점이 목표 살균 온도에 도달하기 위한 살균 시간 및 F-value를 측정하고자 하였음

- 포장 형태는 소포장 150g을 기준으로 설정하였고, 포장재는 하기 포장재 최적화 실험에서 이용하였던 샘플 3(155mm * 196mm, 삼방 실링)을 사용하였다. 150g 기준으로 떡의 개수는 약 13~15개정도이며, 떡의 배치 형태는 다음과 같았음

<Figure 1. 떡볶이 떡의 (좌) 단층, (중심) 2층, (우)무작위 포장형태>

- 형상에 따라 떡에 대한 열 침투곡선은 달라질 수 있으며, 최악 조건을 기준으로 살균 시간을 도출하고자 하였음

- 일반적으로 산업에서 떡이 포장될 때는 위 그림의 우측 사진과 같이 불규칙적으로 포장되게 됨



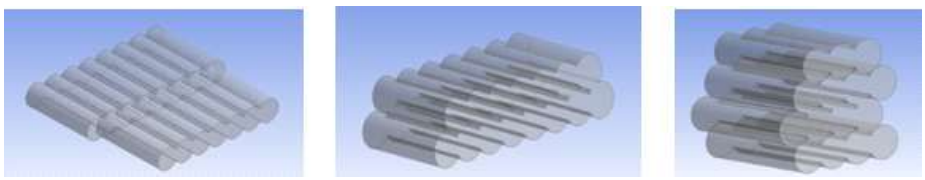
<Figure 2. 떡볶이 떡의 (좌) 단층, (중심) 2층, (우) 무작위 포장에 따른 무선 온도 센서 설치 형태>

2) 살균 시 냉점 도출을 위한 컴퓨터 시뮬레이션

- 떡의 형상에 따른 냉점 분석을 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하였음

- 떡의 형상은 살균도 측정과 같이 단층, 2층 구조의 냉점을 분석하고, 최대로 4개까지 떡이 겹칠 수 있기에 이를 최악 조건으로 설정하였음

- 떡의 물성은 참고문헌을 통해 얻은 값을 이용하였으며, 각 단량 및 포장 방법 별 형상(geometry)을 다음과 같이 제작하였음



<Figure 3. 떡볶이 떡의 (좌)단층, (중심) 2층, (우) 무작위 포장에 따른 시뮬레이션의 형상>

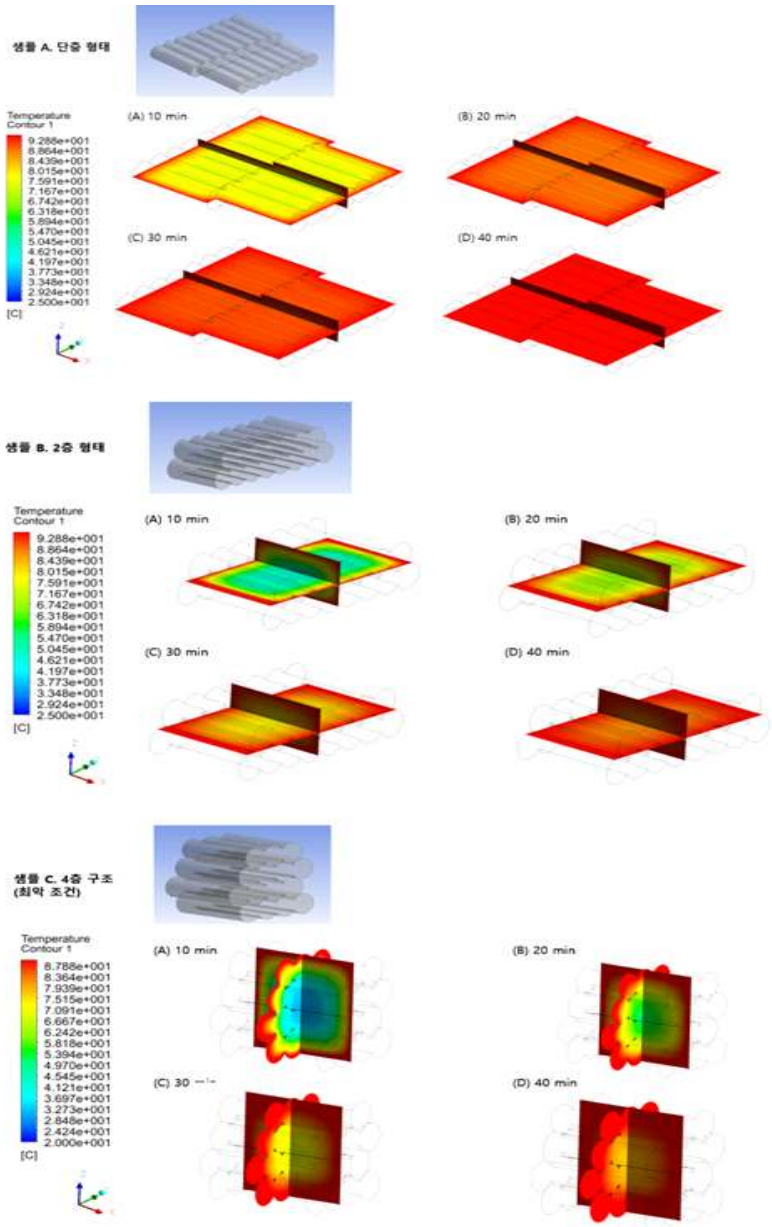
Table 1. 떡볶이 떡의 열역학적 및 물리학적 성질

Property	떡볶이 떡
밀도 (kg/m^3)	1207.62
열전도도 (k) (W/m・K)	0.69
비열 (Cp) (J/kg・K)	3848.08

- 그 결과 떡볶이 떡이 겹쳐지는 수에 따라 온도 상승 속도가 달라졌으며, 단층 형태일 때 열전달이 가장 빨랐으며, 복층의 수가 많아질수록 열전달 속도가 느려졌음

- 냉점은 모든 형상에서 중앙으로 나타났으며, 동일한 시간 살균이 되더라도 형상에 따라 중심 온도가 달라짐을 확인할 수 있었음

- A 형상은 20~30min 사이 모든 떡볶이 떡이 목표 온도까지 도달하였고, B 형상은 40min 이상 시 목표 온도까지 도달하였음



<Figure 4. 떡볶이 떡의 포장 형태에 따른 시뮬레이션 결과>

3) Lab-scale을 통한 현장 스케일 살균 공정 도출

- 떡볶이 떡의 산침지와 가열살균 복합공정 중 살균 온도 및 시간에 따른 떡볶이 떡의 품질 변화를 확인하고, 산침지와 가열살균 공정을 살균 기준이 되는 *Bacillus cereus* (*B. cereus*)균의 열특성에 맞추어 적용할 수 있는 최소 및 최대 살균도를 계산하여 상온유통을 위한 떡볶이 떡 공정 지표를 설정하고자 하였음

(가) 소단량 떡볶이 떡(400 g)의 살균 조건 설정

- 떡볶이 떡의 다양한 온도에서의 살균 시 가열치사시간(F)을 계산한 후 식품에서의 다양한 내열성을 가지는 *B. cereus* 균의 95℃에서의 D_{min}과 D_{max}을 구하였으며, 이를 통하여 계산한 F-value의 최소(F_{min}) 및 최대(F_{max})값은 각각 7.68min 및 84.48min이었음

- 떡볶이 떡을 동일하게 포장하여 100℃와 121℃에서의 F_{min}과 F_{max}를 계산한 결과, 100℃에서의 F_{min}은 2.966min, F_{max}는 32.624min이며, 121℃에서의 F_{min}은 0.055min, F_{max}는 0.600min임을 확인하였음

- 이는 95℃에서의 특정 시간 동안의 열처리와 동일한 열처리 정도를 100℃ 및 121℃의 온도에서 수행하고자 할 때 각 온도에서 살균에 필요한 시간이 감소하며, 온도의 증가와 선형적으로 반비례하지 않기 때문에 계산을 통하여 정확한 살균 시간의 도출이 가능함을 의미함

<Table 2. 살균도에 다른 D-value와 F-value의 최대값과 최소값>

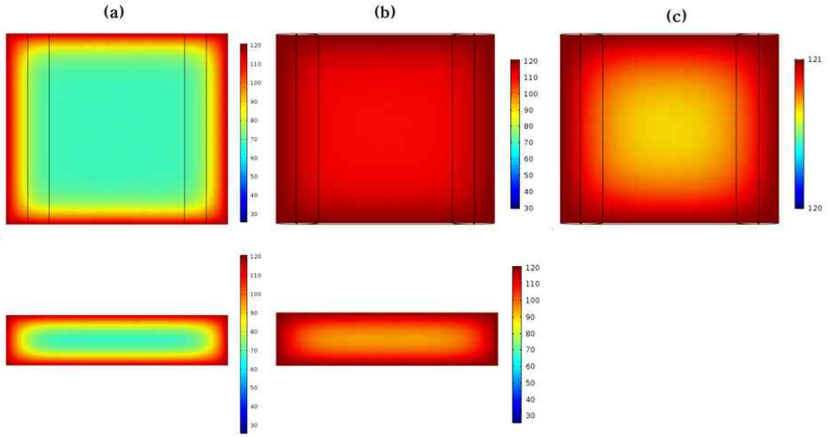
Temperature (℃)	D_{min}	D_{max}	F_{min}	F_{max}
121	0.005	0.050	0.055	0.600
100	0.247	2.719	2.966	32.624
95	0.640	7.040	7.680	84.480

- 떡볶이 떡의 살균 시 외부의 열이 전도를 통하여 전달이 되므로 냉점(cold point)이 존재하게 된됨

- 따라서 F-value를 계산하는 기준은 떡의 냉점이 되어야 하며, 냉점을 시뮬레이션을 통하여 설정한 후 이를 실험을 통하여 검증하였음

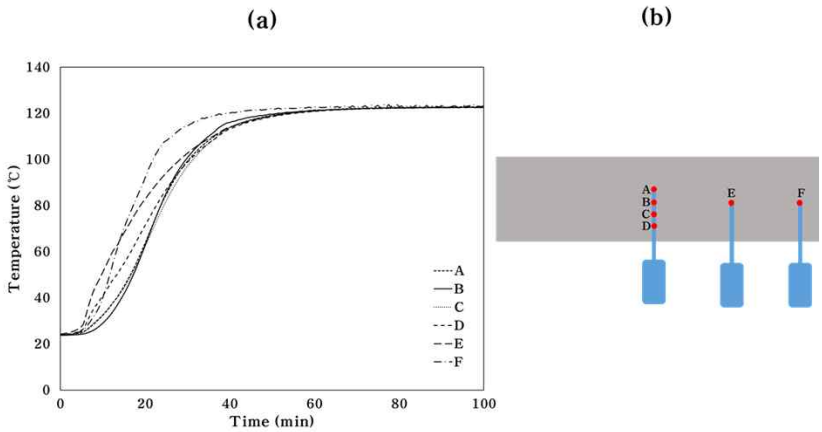
- 시뮬레이션 결과, 떡의 판형 형상에서는 모든 방향에서 열이 균일하게 전달이 되어 중심 부근의 온도가 가장 천천히 상승함을 확인하였음

- 가열 시간에 따라 가열 중반부 및 후반부인 20min 및 40min 경과 후에는 윗면 및 측면의 열전달을 확인하였을 때 중심부에서 가열이 가장 천천히 발생됨을 확인하였으며, 냉점의 위치가 중심임을 확인하기 위하여 가열 종료 직전에서 온도 범위를 축소시켜 확인하였을 때 기하학적 중심에 냉점이 위치하여 있음을 확인하였음

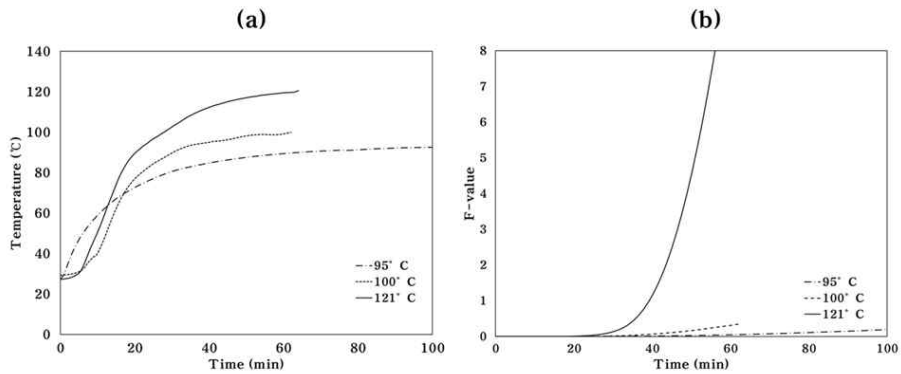


<Figure 5. 떡볶이 떡 살균의 CFD 시뮬레이션 결과>

- 시뮬레이션 냉점 추정 결과의 검증을 위하여 실제 400g 포장 떡볶이 떡에 무선온도센서를 위치시켜 온도를 측정한 결과, 시뮬레이션과 마찬가지로 떡의 기하학적 중심인 센서 위치 B에서 가장 느린 온도 상승이 발생하였으며 떡의 표면과 가까운 D와 F 위치에서 가장 빠른 온도 상승이 발생함을 확인하였음



<Figure 6. 포장된 떡볶이 떡의 위치에 따른 열 침투 곡선>



<Figure 7. 떡볶이 떡의 살균 온도에 따른 냉점에서의 온도와 F-value 변화>

- 이에 따라 포장 떡볶이 떡의 기하학적 중심에서의 온도를 95℃, 100℃, 121℃에서 가열살균하는 동안 측정하여 121℃를 기준으로 각 열침투곡선의 F_0-value를 계산하였음

- 이를 위해서는 come-up-time을 고려한 가열살균시간(thermal processing time)의 도출이 필요하며, 이에 따른 최소, 최대 F-value에 해당하는 가열살균시간을 확인하였음

- 이를 통하여 400g으로 포장된 떡볶이 떡 냉점에서의 각 온도별 가열살균시간은 95℃에서 최소 63.4min, 최대 174.9min, 100℃에서 최소 38.5min, 최대 73.8min, 121℃에서 최소 26.6min, 최대 36.6min임을 확인하였음

<Table 3. 살균 온도에 따른 최대 살균시간과 최소 살균시간>

Temperature (℃)	t_{min}	t_{max}
121	26.6	36.6
100	38.5	73.8
95	63.4	174.9

(나) 떡볶이 떡의 온도에 따른 살균 후 형상 변화 확인

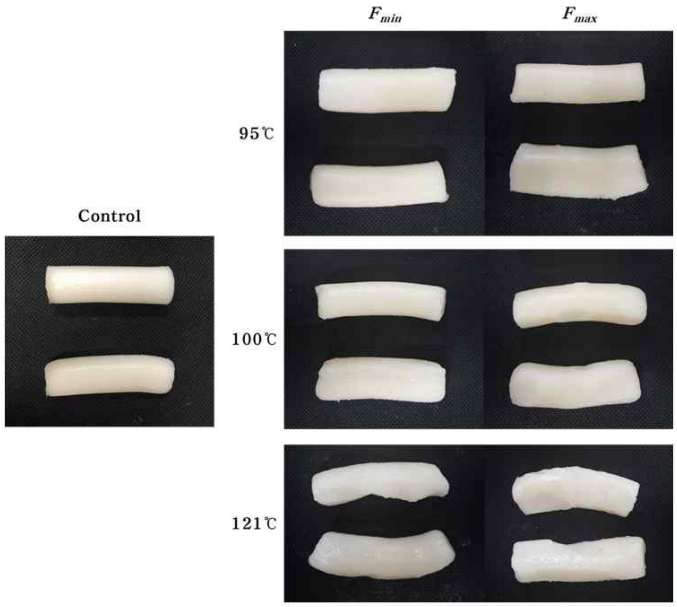
- 산침지를 하기 전 포장된 떡볶이 떡의 95℃, 100℃, 121℃에서의 살균 온도에 따른 F_{min}과 F_{max}로 살균한 결과를 확인하였음

- 대조군인 살균하지 않은 떡의 형상과 비교하였을 때, 121℃에서 살균한 떡은 26.6min의 짧은 열처리 시간에도 불구하고 떡이 중첩되어 있는 부위에서 형상이 뒤틀리고 매우 불균일한 형상을 나타내음

- 100℃에서 살균한 떡의 경우 121℃와 비교하였을 때에는 형상의 변화가 적으나, 대조군에 비하여 불균일한 형상을 나타내었음

- 95℃에서 최소 F-value로 살균한 경우에는 형상이 대조군과 가장 유사하나, 가열 시간이 증가함에 따라 불균일도가 증가하였음

- 이러한 형상의 변화는 쌀의 약 70~80%를 이루고 있는 전분에서 온도가 증가할수록 아밀로오스와 지방의 결합의 가역적인 melting transition이 발생하기 때문으로 사료되며(Xie F, Yu L, Su B, Liu P, Wang J, Liu H, Chen L. 2009. Rheological properties of starches with different amylose/amylopectin ratios. J. Cereal Sci. 49: 371-377), 이러한 melting으로 인하여 형상의 변화 정도가 온도에 비례하는 것으로 추정됨



<Figure 8. 살균 온도에 따른 F-value의 최대, 최소값에 따른 떡볶이 떡의 모형 변화>

- 떡의 형상이 가열살균 후 변화함에 따라 시료 간 나타나는 형상의 차이를 계산한 값인 비균일도를 측정한 결과, 대조군의 경우 시료 간의 비균일도는 2.75를 나타내었으며, 121℃에서는 시료 간의 비균일도가 F_{min}과 F_{max}일 때 11.65와 11.93으로 매우 높음을 확인할 수 있었으며, 이는 121℃에서 가열 시간에 관계없이 떡의 형상이 크게 변화함을 의미함

- 살균 온도 100℃에서는 최소, 최대 F-value에서 6.91 및 9.64의 값을 나타내었으며, 살균 시간이 증가함에 따라 증가하는 값을 나타내었음

- 반면 95℃에서는 최소, 최대 F-value에서 2.81과 5.62로 control과 가장 유사한 수치를 나타내어, 가열 시간에 따른 떡볶이 떡의 형상 변화가 매우 적음을 정량적으로 확인할 수 있었음

- 이를 통하여 떡볶이 떡의 살균 시 외관 품질을 위해서는 동일한 살균도를 만족하여도 고온(121℃) 살균은 피해야 함을 확인하였음

- 통상적으로 이용하는 100℃의 경우에도 열저항성이 강한 *B. cereus* 균을 타겟으로 살균 시 살균 시간의 증가에 따라 형상의 변화가 나타날 수 있음을 알 수 있었음

<Table 4. 살균 온도에 따른 비균일도 인자 변화>

Temperature(℃)	NUP	
	F_{min}	F_{max}
Control	2.75±0.96[a]	
95	2.81±0.82[a]	5.62±0.83[b]
100	6.91±1.13[b]	9.64±1.63[c]
121	11.65±1.03[d]	11.93±0.46[d]

<Figure 9. 레토르트 후 'stick' 한 현상>

(다) 산침지에 의한 감균지수 변화 계산

- 산침지에 따른 초기 균 수 변화의 확인 결과, 산침지 전 *B. cereus*의 균수는 4.64±0.08 log CFU/g으로, 산미료 침지에 따라 균수가 감소함을 확인하였음

- 떡의 pH를 5.0으로 하였을 때부터 균수의 유의적인 차이가 발생하였으며, pH 5.0에서는 3.80 log CFU/g, pH 4.5에서는 3.24 log CFU/g, pH 3.5 이하에서는 검출이 되지 않아 산침지가 떡볶이 떡의 위해균인 *B. cereus*의 저해에 효과가 있음을 알 수 있었음

- 이를 통하여 m_{acid}를 계산한 결과, m_{final}이 pH에 따라 산침지 전 12에서 최대 7.36까지 감소함을 확인하였으며, 산미료 침지 후 살균 온도에 따른 새로운 F-value(F_{final})의 계산이 가능하였음

<Table 5. pH에 따른 열처리 후 *Bacillus cereus* 의 감소 지수>

pH	Before sterilization (log CFU/g)	m_{acid}	m_{final}
Control (6.0)	4.64±0.08[a]	-	12.00 ($m_{thermal}$)
5.5	4.30±0.43[ab]	0.34	11.66
5.0	3.80±0.14[bc]	0.84	11.16
4.5	3.24±0.09[c]	1.40	10.60
4.0	ND	4.64	7.36
3.5	ND	4.64	7.36

- 감소지수를 통하여 F-value를 계산한 결과, 산미료 침지 후 떡의 pH가 감소함에 따라 모든 살균 온도에서 F-value가 감소하며, 특히 pH 4.0 이하에서 크게 감소되었음

- 또한, 떡볶이 떡의 95℃, 100℃, 121℃에서의 살균 시간에 따른 열침투곡선을 이용하여 실제 살균 공정에서의 가열 시간을 계산하였음

- 산침지 이후 총 살균 시간은 산침지를 하지 않은 경우에 비하여 pH 4.0 이하에서 95℃의 경우 최소 54.7min, 최대 135min, 100℃의 경우 최소 35.1min, 최대 63.2min, 121℃에서는 최소 25.5min, 최대 34.7min으로 감소시킬 수 있음을 확인하였음

- 살균 온도가 낮을수록 산침지가 총 살균시간의 감소에 더 큰 영향을 미치며, 이는 산침지 전처리가 가열살균공정의 시간을 단축시켜 공정 효율을 증가시키고 가열 시간에 따른 떡의 형상 변화를 감소시켜 품질 변화를 최소화할 수 있음을 나타냄

<Table 6. pH에 따른 감소 지수로부터 F-value의 추정>

pH		F_{min}	F_{max}	t_{min}	t_{max}
Control (6.0)	95℃	7.68	84.48	63.40	175.00
	100℃	2.96	32.63	38.50	73.80
	121℃	0.06	0.66	26.90	37.10
5.5	95℃	7.46	82.10	62.80	172.10
	100℃	2.88	31.71	38.30	72.80
	121℃	0.06	0.64	26.80	36.90
5.0	95℃	7.14	78.58	62.00	167.90
	100℃	2.76	30.35	38.00	71.60
	121℃	0.06	0.61	26.70	36.70
4.5	95℃	6.79	74.63	61.00	163.20
	100℃	2.62	28.82	37.60	70.28
	121℃	0.05	0.58	26.20	36.40
4.0	95℃	4.71	51.82	54.70	135.00
	100℃	1.82	20.01	35.10	63.16
	121℃	0.04	0.41	25.50	34.70
3.5	95℃	4.71	51.82	54.70	135.00
	100℃	1.82	20.01	35.10	63.16
	121℃	0.04	0.41	25.50	34.70

(라) 산침지와 가열살균 복합공정에서의 떡볶이 떡 품질 변화

- 산침지에 의한 형상 변화를 확인하기 위하여 상온 침지 시 각 pH에 따른 형상 변화를 관찰하였으며, 살균 이전 산침지 공정 중 형상 변화는 관찰되지 않았음

- 떡의 산침지-가열살균 복합공정에 의한 형상 변화 분석은 대조군에서 형상 변화가 가장 적었던 살균 온도 95℃에서 수행하였음

- 그 이유는 121℃와 100℃의 경우 이미 열처리에 의한 심한 형상 변화가 관찰되었으므로, 조절된 pH가 가열 살균 시 형상 변화에 미치는 영향을 관찰하고자 가열 온도 95℃에서 pH 조절을 한 떡의 형상 변화만을 확인하였음

- 살균 이전에는 pH의 변화에 따른 떡의 형상에는 큰 변화가 없었으나, 산침지-가열살균 복합공정 시 살균 후 pH에 의한 형상 변화가 나타났음

- 떡의 pH 4.5~5.5의 범위에서는 모든 살균 시간에서 형상 변화가 관찰되었으며, 비균일도는

최소 및 최대 살균시간에서 최대 4.73 및 6.90의 값을 나타냈었음

- 이는 pH가 감소함에 따라 떡볶이 떡의 구조가 변화하면서 발생한 현상으로, 대조군에서는 최소 F- value에서 형상 변화가 나타나지 않았으나, pH가 낮은 시료에서는 대조군과 유사한 열처리 시간에도 불구하고 형상의 변화가 나타났음

- pH 4.5와 4.0에서는 pH 5.0에 비하여 유의적으로 낮은 비균일도를 나타내었음

- 특히 pH 4.0에서는 산침지를 한 시료들 중 가장 낮은 비균일도의 변화를 보였으며, 이는 가열살균시간의 감소로 인하여 pH 조절 후 열처리 시간이 감소함에 따라 구조에 적은 영향을 미친 것으로 추정됨. 그러나 pH 3.5에서는 최소, 최대 살균 시간에서 비균일도 8.43 및 9.29로 심한 형상 변화가 관찰되었음

- 산침지-가열살균 복합공정의 경우, 단일 가열살균 공정에서 형상 변화를 보이지 않았던 95℃의 최소 살균 시간의 경우에도 pH 3.5에서는 큰 형상 변화를 나타내었음

- 그러나 pH 4.0에서는 대조군과 유의적인 형상 차이가 나타나지 않았음

- 이는 낮은 pH에도 불구하고 pH 4.0에서의 감균 효과(macid= 4.64)로 가열 시간이 기존에 비하여 약 40min 감소하였기 때문으로 판단됨

- 따라서 떡의 산침지-가열살균 복합 공정에서의 형상 변화는 가열 온도, 시간뿐만 아니라, pH의 변화에도 영향을 받는 것임을 나타내었음

<Table 7. pH에 따른 살균 후 비균일도 인자 변화>

pH	NUP		
	Before sterilization	F_{min}	F_{max}
Control(6.0)	2.75 ± 1.23^{a}	2.81 ± 1.26^{a}	5.62 ± 1.76^{cd}
5.5	2.49 ± 0.93^{a}	3.16 ± 1.68^{ab}	6.90 ± 1.32^{de}
5.0	2.73 ± 0.26^{a}	4.73 ± 0.63^{abcd}	$6.10 \pm 0.32c^{d}$
4.5	2.65 ± 1.03^{a}	4.33 ± 1.59^{abc}	5.41 ± 1.64^{bcd}
4.0	2.83 ± 1.72^{a}	3.98 ± 1.36^{abc}	4.59 ± 0.36^{abcd}
3.5	3.01 ± 1.32^{ab}	$8.43 \pm 1.42e^{f}$	9.29 ± 1.53^{f}

- 가열 살균 형상변화, 침지 시 형상변화, 복합공정에서의 형상변화는 가열 온도와 시간, 그리고 떡의 pH가 구조에 영향을 주어 떡 내부에 전분이 용출됨으로 생기는 현상으로 추정되므로 가열 온도와 시간, pH에 따른 떡의 전분 용출도를 확인하였음

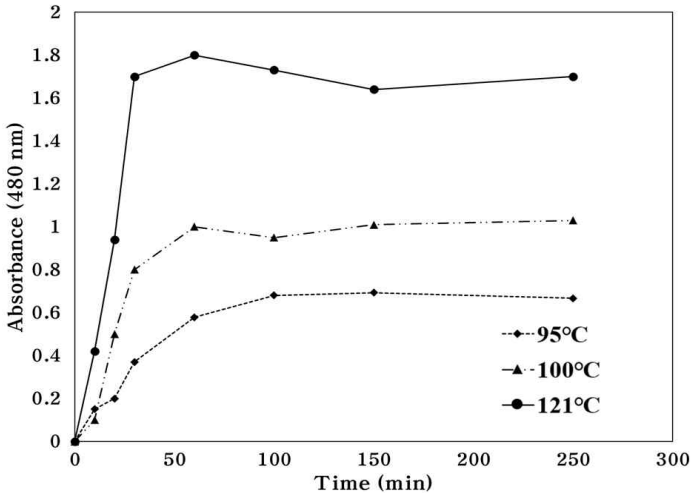
- 가열 살균 온도 121℃, 100℃, 95℃에서 시간에 따른 떡의 전분 용출도를 480 nm에서의 흡광도로 측정한 결과, 121℃의 경우 용출 초기부터 전분이 동일 시간에서 95℃와 비교하여 약 3배의 용출도를 보여주며, 매우 빠른 용출 속도를 나타내었음

- 121℃에서는 약 30min에서 평형에 도달하였으며, 평형 시의 흡광도는 평균 1.71이었음

- 100℃의 경우, 121℃에 비하여 낮은 용출 속도를 나타내었으나, 약 60min에서 용출은 평형에 도달하였으며, 평형 시의 흡광도는 평균 1.00이었음

- 95℃는 용출 속도가 상대적으로 매우 느리며, 100min에 이르러 평형 흡광도 0.68에 도달하였음

- 이를 통하여 가열 살균 온도 및 시간이 떡 내부의 전분을 용출시키는 변수임을 확인하였음



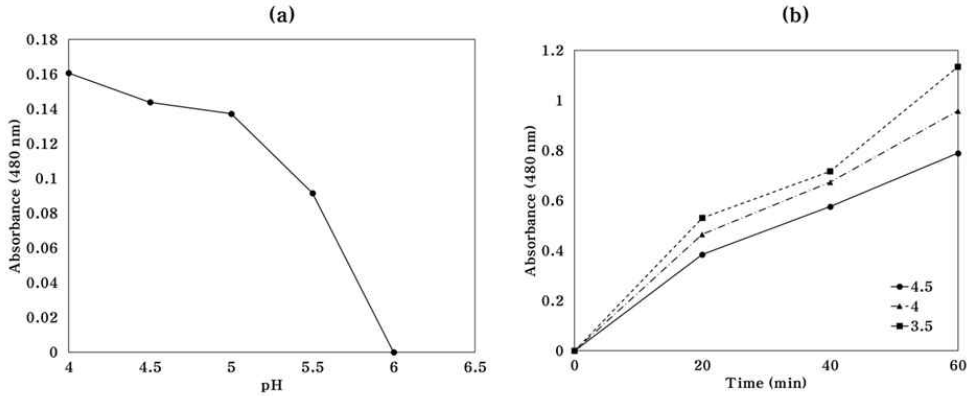
<Figure 10. 살균 온도에 따른 전분의 용출도>

- 떡의 pH를 산미료 내에서 침지하며 조절하는 동안 산미료의 흡광도 변화 및 pH 3.5인 떡을 95℃에서 가열할 때의 전분 용출도를 확인하였음

- 떡의 pH를 산미료 내에서 침지하며 조절하는 동안 산미료 농도의 변화는 pH 3.5에서 최대 0.23으로, 가열 살균에 비하여 용출도가 적음을 확인하였음

- 그러나 pH 3.5인 떡을 95℃에서 열처리함에 따라 전분 용출도는 60min 동안 최대 1.16으로, 산침지를 하지 않고 가열 살균을 수행하였을 때와 비교하여 201% 증가하였음

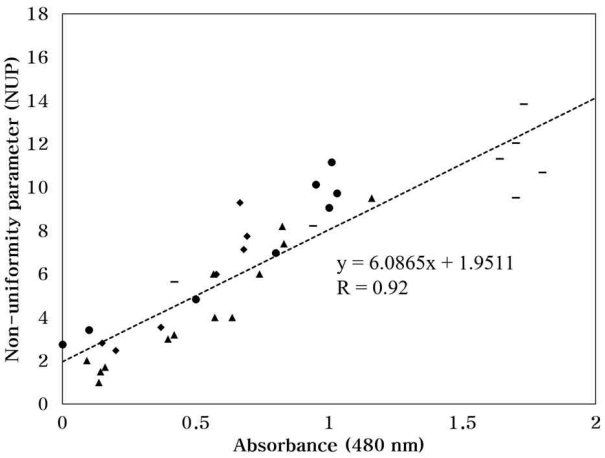
- 이와 같이 가열 온도와 가열 시간, pH가 전분의 용출 속도에 영향을 주는 이유는 떡볶이 떡의 구조가 pH에 의하여 변화되기 때문으로, 산에 의하여 가수분해된 전분이 가열살균 시 전분의 용출에 영향을 미쳐 가열 살균 온도 및 시간에 따라 용출도가 증가하는 것을 확인할 수 있었음



<Figure 11. 95℃에서 pH와 살균시가에 따른 용출 속도 변화>

- 떡의 전분 용출도와 함께 형상 변화인 NUP를 측정하여 용출도와 NUP의 상관관계를 도출한 결과, 용출도와 비균일도는 R=0.92로 강한 양의 상관관계를 보여주었음

- 이 결과는 가열 살균, 산침지, 산침지-가열살균 복합공정에서 관찰된 형상 변화가 공정 조건에 따른 전분의 용출도와 밀접한 관계가 있음을 나타내었음



<Figure 12. 산침지-살균 공정 동안 전분 용출도와 비균일도 사이의 상관관계>

- 대조군과 pH가 조절된 떡의 살균 전과 후 조직감을 비교한 결과, 살균 전 pH만 조절한 시료의 모든 특성에서 대조군과 유의적인 차이가 나타나지 않음을 확인하였음

- 살균 후 pH 3.5에서 경도, 검성, 씹힘성의 경우, F_{min}과 F_{max}가 모두 대조군에 비하여 유의적으로 낮아지는 결과를 보여주었으며, 이는 낮은 pH가 떡의 구조에 영향을 주어 조직감을 저하시키기 때문임

- pH 4.0과 4.5의 경도는 F_{min}과 F_{max} 모두 대조군과 유의차가 없는 결과를 나타내었음

- 그러나 pH 5.0과 5.5의 경우, pH 4.0과 4.5에 비해 긴 살균 시간으로 인하여 F_{max}에서는 경도가 낮아지는 것이 관찰되었음

- 본 연구에서는 배합비에 산을 첨가하지 않고 침지함으로써 침지 후에는 조직감의 변화가 크지 않았으나, 산침지-복합공정이 pH 4.0~4.5일 때에는 가열 시간의 단축으로 조직감에 큰 영향을 주지 않고 pH가 그보다 낮은 3.5일 때 및 열처리 시간이 길어짐에 따라 조직감에 영향을 주는 것을 확인하였음

<Table 8. 산침지-살균 공정 후 pH에 따른 조직감 변화>

	pH	Hardness (g)	Gumminess (g)	Chewiness (mJ)	Springiness (mm)	Cohesiveness	Adhesiveness (mJ)
Control (6.0)	Before sterilization	3,152.00±378.82^{a}	2,261.18±363.68^{a}	129.00±20.08^{a}	5.84±0.33^{ab}	0.74±0.03^{abc}	19.86±3.97^{a}
	F_{min}	2,840.50±281.44^{ab}	2,048.00±206.23^{a}	125.83±14.19^{a}	6.26±0.28^{a}	0.72±0.02^{bcd}	15.14±3.60^{abcd}
	F_{max}	3,018.75±404.65^{a}	2,207.00±290.09^{a}	129.66±18.07^{a}	5.99±0.16^{ab}	0.73±0.01^{bc}	9.11±1.97^{e}
5.5	Before sterilization	3,164.50±320.26^{a}	2,250.42±342.74^{a}	128.30±15.68^{a}	5.89±0.62^{ab}	0.74±0.02^{abc}	19.24±3.57^{a}
	F_{min}	2,864.50±274.00^{ab}	2,075.61±259.40^{a}	124.09±43.00^{a}	6.24±0.57^{a}	0.72±0.02^{bcd}	12.36±3.76^{bcde}
	F_{max}	2,542.50±351.24^{bc}	2,103.00±243.64^{a}	130.65±15.62^{a}	5.82±0.47^{ab}	0.72±0.01^{bcd}	8.43±7.90^{e}
5.0	Before sterilization	3,160.00±350.27^{a}	1,625.33±192.56^{bc}	129.67±20.58^{a}	5.61±0.23^{ab}	0.75±0.02^{abc}	18.80±3.76^{a}
	F_{min}	2,753.62±206.25^{ab}	2,097.08±315.92^{a}	126.24±30.00^{a}	6.24±0.60^{a}	0.72±0.01^{bcd}	11.86±4.20^{bcde}
	F_{max}	2,350.26±343.50^{bc}	2,053.00±209.52^{a}	133.92±12.42^{a}	5.97±0.18^{ab}	0.73±0.02^{bcd}	8.10±1.73^{e}
4.5	Before sterilization	3,167.50±337.26^{a}	2,222.00±308.54^{a}	128.64±21.83^{a}	5.94±0.88^{ab}	0.75±0.03^{abc}	17.03±3.84^{ab}
	F_{min}	2,703.33±520.80^{ab}	2,059.00±364.34^{a}	123.18±14.42^{a}	6.19±0.88^{a}	0.75±0.02^{ab}	12.60±4.22^{bcde}
	F_{max}	2,670.00±298.16^{ab}	1,991.50±172.57^{ab}	134.13±7.07^{a}	6.16±0.46^{a}	0.72±0.02^{bcd}	10.33±2.42^{de}
4.0	Before sterilization	3,165.00±464.84^{a}	2,217.00±329.64^{a}	117.32±17.68^{ab}	5.49±0.22^{b}	0.72±0.02^{cd}	15.37±2.94^{abcd}
	F_{min}	2,961.25±163.42^{ab}	2,194.25±113.68^{a}	128.58±7.66^{a}	5.98±0.31^{ab}	0.74±0.01^{abc}	11.47±4.08^{bcde}
	F_{max}	2,850.75±256.20^{ab}	2,235.35±329.70^{a}	122.63±10.04^{a}	5.75±0.41^{ab}	0.71±0.02^{d}	7.60±1.72^{e}
3.5	Before sterilization	2,821.00±255.30^{ab}	2,274.40±239.34^{a}	135.00±12.95^{a}	6.11±0.28^{a}	0.77±0.02^{a}	16.65±3.78^{abc}
	F_{min}	2,147.50±303.05^{bc}	1,662.20±272.98^{b}	98.78±19.18^{b}	6.04±0.27^{ab}	0.73±0.01^{bc}	15.70±4.67^{abcd}
	F_{max}	1,885.00±88.13^{c}	1,291.80±115.63^{c}	75.32±7.38^{c}	5.94±0.19^{ab}	0.66±0.01^{e}	11.20±3.29^{cde}

- 떡의 pH를 조절 후 95℃에서 F_{min}과 F_{max}일 때의 시간을 적용하여 살균하였을 때의 색도를 측정하고, 백색도를 계산하여 대조군과 비교한 결과, 백색도의 계산 결과 pH가 감소함에 따라 유의적으로 증가하였으며, 떡을 산침지하였을 때 떡의 색이 더 희게 변하는 것을 확인하였음

- 또한 떡의 열처리 살균의 여부 및 F-value에 따라서는 산침지-복합공정에서는 그 차이가 나타나지 않았음

<Table 9. 산침지-살균 공정 동안 명도 변화>

Whiteness	Before sterilization	F_{min}	F_{max}
Control (6.0)	45.62±0.34[a]	46.16±0.63[a]	46.74±0.34[a]
5.5	54.61±0.36[b]	54.70±0.29[b]	54.83±0.14[b]
5.0	55.64±0.28[c]	55.82±0.36[c]	55.84±0.23[c]
4.5	56.03±0.29[d]	56.25±0.53[d]	56.19±0.42[d]
4.0	57.95±0.31[e]	57.96±0.23[e]	57.75±0.31[e]
3.5	59.22±0.22[f]	59.13±0.20[f]	60.02±0.56[f]

- 떡의 pH를 조절한 후 95℃에서 F_{min}과 F_{max}을 적용하여 살균한 떡의 관능평가를 수행하고, 이를 대조군과 비교하였음

- 대조군의 살균 후의 관능 검사 결과와도 비교하기 위하여 대조군도 F_{min}과 F_{max}를 적용하여 관능검사를 실시한 결과, 대조군을 살균한 경우 맛과 외관에서는 살균 전에 비하여 점수가 낮았으며, 다른 항목은 점수가 동일하였음

- 반면 pH 4.5와 4.0 떡의 경우, F_{min}과 F_{max} 모두에서 전체적 기호도가 높았으며, 이는 살균 시간이 pH 5.0 이상에 비하여 상대적으로 짧아 살균 시간에 의한 조직감의 변화가 적었기 때문으로 추정됨

- 또한, 밝은 색으로 인하여 약한 산미에도 불구하고 전체적 선호도가 높아, pH 4.0에서의 산미는 소비자들에게 허용 가능한 범위임을 확인할 수 있었음

- 외관의 경우, 살균 시간이 긴 pH 5.0 이상에서는 대조군보다 낮은 점수를 나타내었음

- 또한, pH 3.5에서는 가장 낮은 점수를 나타내었음. 이는 pH와 살균 시간에 따른 형상의 변화에 기인한다고 볼 수 있었음

- 반면, pH 4.0과 4.5는 대조군과 차이가 없는 점수를 나타내었음

- 이를 통하여 떡볶이 떡의 산 침지 시 pH 4.0 이상에서는 선호도에 문제가 없으며, pH 3.5부터는 조직감과 외관 품질이 매우 저하됨을 알 수 있었음

- 상기의 결과를 통하여 95℃에서 pH 4.0 이상의 살균이 떡볶이 떡의 안정성 및 품질에 가장 적합한 조건임을 확인하였으며, 이에 따른 적합한 살균 지표의 설정 및 살균 시간 설정 방법을 확인하였음

<Table 10. 산침지-살균 공정 후 떡볶이 떡의 관능검사 결과>

pH		Taste	Flavor	Texture	Appearance	Color	Overall acceptability
6.0 (Before sterilization)		5.8 ± 0.8^{a}	5.8 ± 1.1^{a}	5.9 ± 0.7^{a}	6.6 ± 0.5^{a}	4.5 ± 1.0^{abc}	6.4 ± 0.7^{a}
6.0	F_{min}	5.7 ± 0.8^{a}	5.6 ± 1.1^{a}	5.8 ± 1.1^{ab}	6.4 ± 0.5^{ab}	4.4 ± 1.1^{ab}	6.3 ± 0.7^{ab}
	F_{max}	5.3 ± 0.8^{abc}	5.6 ± 0.8^{a}	5.6 ± 0.7^{ab}	5.9 ± 0.6^{abc}	4.2 ± 1.2^{a}	6.4 ± 1.0^{a}
5.5	F_{min}	5.5 ± 1.1^{ab}	5.8 ± 0.8^{a}	5.9 ± 0.7^{a}	6.0 ± 1.2^{abc}	4.7 ± 1.0^{abcd}	6.0 ± 1.1^{ab}
	F_{max}	5.8 ± 0.8^{a}	5.6 ± 0.7^{a}	5.2 ± 0.8^{abc}	5.3 ± 0.8^{bcde}	4.8 ± 0.9^{abcde}	6.1 ± 0.7^{ab}
5.0	F_{min}	5.0 ± 0.7^{abc}	5.6 ± 1.1^{a}	5.0 ± 1.2^{abc}	4.8 ± 0.9^{cde}	5.5 ± 0.9^{bcdef}	5.5 ± 1.2^{bc}
	F_{max}	5.6 ± 0.8^{ab}	5.6 ± 0.7^{a}	4.4 ± 1.0^{cd}	4.3 ± 1.0^{de}	5.0 ± 0.7^{abcde}	5.2 ± 0.9^{c}
4.5	F_{min}	4.7 ± 1.2^{bc}	4.5 ± 1.1^{b}	5.3 ± 1.3^{abc}	5.8 ± 1.6^{abc}	5.6 ± 1.4^{cdef}	5.8 ± 0.4^{abc}
	F_{max}	5.2 ± 0.8^{abc}	4.3 ± 1.5^{b}	5.0 ± 1.6^{abc}	5.5 ± 0.7^{abcd}	5.0 ± 1.5^{abcde}	5.3 ± 0.5^{ab}
4.0	F_{min}	4.5 ± 1.8^{c}	4.9 ± 1.8^{ab}	5.3 ± 1.4^{abc}	5.6 ± 1.7^{abc}	5.9 ± 1.4^{ef}	5.5 ± 0.5^{bc}
	F_{max}	4.9 ± 1.0^{abc}	5.2 ± 0.7^{ab}	4.7 ± 1.6^{bc}	5.7 ± 1.9^{abc}	5.1 ± 1.5^{abcdef}	5.5 ± 1.8^{bc}
3.5	F_{min}	1.1 ± 0.3^{d}	1.6 ± 0.5^{c}	3.5 ± 1.1^{de}	4.1 ± 2.0^{e}	6.2 ± 0.9^{f}	2.3 ± 1.2^{d}
	F_{max}	1.5 ± 0.7^{d}	1.9 ± 0.9^{c}	2.9 ± 0.9^{e}	2.9 ± 1.7^{f}	5.7 ± 1.0^{def}	1.5 ± 0.5^{e}

<첨부 2>

Reference

Afchain, A. L., Carlin, F., & Albert, L. (2008). Improving quantitative exposure assessment by considering genetic diversity of B. cereus in cooked, pasteurised and chilled foods. International Journal of Food Microbiology, 128, 165-173.

Carlin, F., Albagnac, C., Rida, A., Guinebretiere, M., Couvert, O., & Nguyen-the, C. (2013). Variation of cardinal growth parameters and growth limits according to phylogenetic affiiliation in the Bacillus cereus Group. Consequences for risk assessment. Food Microbiology, 33, 69-76.

Dalgaard P, Koutsoumanis K. 2001. Comparison of maximum specific growth rates and lag times estimated from absorbance and viable count data by different mathematical models. J. Microbiol. Methods 43:183–196.

Kang, K., Kim, Y., & Yoon, K. (2010). Development of predictive growth models for Staphylococcus aureus and Bacillus cereus on various food matrices consisting of ready-to-eat (RTE) foods. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 30(5), 730-738.

Rosso, L., Lobry, J. R., Bajard, S., & Flandrois, J. P. (1995). Convenient model to describe the combined effects of temperature and pH on microbial growth. Applied and Environmental Microbiology, 61, 610-616.

제 6장 기타사항

- 해당사항 없음

붙임. 참고문헌

Reference

Afchain, A. L., Carlin, F., & Albert, L. (2008). Improving quantitative exposure assessment by considering genetic diversity of B. cereus in cooked, pasteurised and chilled foods. International Journal of Food Microbiology, 128, 165-173.

Carlin, F., Albagnac, C., Rida, A., Guinebretiere, M., Couvert, O., & Nguyen-the, C. (2013). Variation of cardinal growth parameters and growth limits according to phylogenetic affiiliation in the Bacillus cereus Group. Consequences for risk assessment. Food Microbiology, 33, 69-76.

Dalgaard P, Koutsoumanis K. 2001. Comparison of maximum specific growth rates and lag times estimated from absorbance and viable count data by different mathematical models. J. Microbiol. Methods 43:183–196.

Kang, K., Kim, Y., & Yoon, K. (2010). Development of predictive growth models for Staphylococcus aureus and Bacillus cereus on various food matrices consisting of ready-to-eat (RTE) foods. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 30(5), 730-738.

Rosso, L., Lobry, J. R., Bajard, S., & Flandrois, J. P. (1995). Convenient model to describe the combined effects of temperature and pH on microbial growth. Applied and Environmental Microbiology, 61, 610-61

연구개발보고서 초록

<table>
<tr><td rowspan="2">과 제 명</td><td colspan="5">(국문) 상온 유통 압출떡의 유통기한 연장 기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="5">(영문) Developing a technology extending shelf-life period of room temperature extruded rice cakes</td></tr>
<tr><td>주관연구기관</td><td colspan="2">강원대학교 산학협력단</td><td rowspan="2">주 관 연 구
책 임 자</td><td colspan="2">(소속) 강원대학교 산학협력단</td></tr>
<tr><td>참 여 기 업</td><td colspan="2">㈜신양식품</td><td colspan="2">(성명) 윤원병</td></tr>
<tr><td rowspan="4">총연구개발비

(100,000천원)</td><td>계</td><td>266,800,000원</td><td>총 연 구 기 간</td><td colspan="2">2018. 09. 10~ 2020. 09. 09(년 월)</td></tr>
<tr><td>정부출연
연구개발비</td><td>200,000,000원</td><td rowspan="3">총 참 여
연 구 원 수</td><td>총 인 원</td><td>8명</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>66,800,000원</td><td>내부인원</td><td>5명</td></tr>
<tr><td>연구기관부담금</td><td>-</td><td>외부인원</td><td>3명</td></tr>
</table>

○ 연구개발 목표 및 성과

최종목표

- 압출 떡의 유통기한을 최대 상온 12개월까지 연장하는 기술개발

세부목표

(1) 역매칭 기관(정남농협)에 유통되고 있는 떡볶이 및 떡국떡의 현황 파악

(2) 기존 상온 압출 떡류(떡볶이, 떡국용) 가공기술 연구

(3) 상온 떡 유통기한 연장기술 연구

(4) 상온 신 유통 가공공정 기술 확립

(5) 현장 적용을 통한 실증연구

○ 연구내용 및 결과

• 현재 판매되고 있는 압출떡의 현황 파악

- 역매칭기관인 정남농협의 압출 떡 제품의 종류, 유통기한, 단량 및 가격 등의 현황을 파악하고, 압출 떡 제조 회사의 공정을 파악

• 선행 가공기술별 특성 검토

- 선행 가공기술별 특성 검토를 통해, 기존 공정에서 사용되는 유통기한 연장을 위한 미생물적 안전성 확보 방법을 확인 및 분석

• 원료 전처리 기술 개발
- 원료에 산미료 첨가로 pH를 조절하여 압출 떡의 미생물을 저감화
- 산미료에 따른 압출 떡의 가공적성 특성 변화를 고려한 적정 첨가 비율의 설정

• 최적 가공기술 연구
- 기존 공정으로 압출떡을 생산 시 발생하는 미생물 안전성 문제를 확인 및 분석하여, 단위 공정의 개선 혹은 추가 공정을 통한 압출 떡 가공기술을 개선
- 압출 떡의 pH 조절로 인한 증숙 후 물성 변화를 확인하여 압출 떡의 성형 및 절단 공정에 적합한 물성을 확인

• 살균 가공기술 연구
- 품질 특성의 변화를 최소화하는 살균 기술 도입
- 압출 떡의 포장 단량에 따른 냉점 분석 및 F-value의 계산을 통한 최적 살균 시간 도출

• 표면코팅 및 포장 가공기술 연구
- 떡 표면의 산미료 수용액 코팅을 통한 pH 조절로 미생물 안전성 확보
- 산미료 수용액의 적정 농도 확립 및 코팅 온도, 시간에 따른 압출 떡의 pH 변화 확인
- 압출 떡의 저장 시 품질 변화를 최소화하는 특성을 가지는 포장재 선정

• 외부 오염 및 기타 요인으로 인한 제품 위해 발생 방지를 위한 공정 설계
- 압출 떡의 공정을 분석하여 단위 공정 중 방랭/건조공정과 같은 외부 오염으로부터 취약한 공정을 확인하고 공정 개선을 통한 상온 신 유통 가공공정 기술 확립

• 현장 가공적성 시험을 통한 최적 제조 공정 확립
- 실험실 규모의 최적 가공 조건을 산업 규모로 스케일업(scale-up) 하여 최종 제품의 물성 및 형상 변화 확인 및 변화 최소

• 시제품 및 상품화 연구(떡볶이, 떡국류)
- 상온유통 압출 떡의 시제품 생산 및 다양한 굵기 및 모양을 가지는 제품의 상품화 계획

• 농협경제지주 소속 회원 조합으로 개발기술 실증 및 기술 이전
- 정남농협 압출떡 가공 공장으로 개발기술 실증 및 기술 이전

자체평가의견서

1. 과제현황

	과제번호			318079-02	
사업구분	농식품기술개발사업				
연구분야	식품공학			과제구분	단위
사 업 명	농축산물안전생산유통관리기술개발사업				주관
총괄과제 과 제 명	기재하지 않음 상온 유통 압출 떡의 유통기한 연장기술 개발			총괄책임자 과제유형	기재하지 않음 (응용)
연구기관	강원대학교 산학협력단			연구책임자	윤원병
연구기간 연 구 비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2018.09.10 ~2019.09.09	100,000	33,400	133,400
	2차연도	2019.09.10. ~2020.09.09	100,000	33,400	133,400
	3차연도	-	-	-	-
	4차연도	-	-	-	-
	5차연도	-	-	-	-
	계	-	200,000	66,800	266,800
참여기업	㈜신양식품, 정남농협				
상 대 국	-		상대국연구기관	-	

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2020.09.07

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
강원대학교 산학협력단	교수	윤원병

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	

Ⅰ. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 :아주우수

1) 압출떡의 상온유통 12개월 이상 확보
- 2차례 생산현장의 제품을 시료로 하여 공인인증기관((주)식품환경유통센터)을 통하여 12개월 이상의 유통기한 검증(17개월 검증)

2) 산미료 국산소재화 검증
- 인산염 및 유기산염 기반의 국산 산미료의 비교실험을 통한 검증

3) 이산화염소기체 건조법을 통한 초기 감균
- 방냉공정을 이산화염소 건조로 대체하여 초기균수의 2 log CFG/g 감소 성공

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 아주우수

1) 현장 검증실험 결과를 통한 산업체적용성 검증
- 실험의 결과를 현장에서의 생산스케일로 검증하여 실험
- 현장 생산된 시료로 공인인증기관의 유통기한 검즐 실험 수행

2) 압출떡 산업체에 대한 파급효과
- 압출떡의 상온유통기술개발로 인한 수출 가능
- 실제 수출 시의 운송상황을 고려한 간헐적 저장조건을 통한 안전성 검증

3) 국내 산미료 소재산업과의 시너지 효과
- 현재 사용되고 있는 수입산미료를 대체할 수 있는 국산화로 인한 대체효과

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

1) 제품의 단량 별, 굵기 별 생산조건 도출
- 다양한 단량(B2B, B2C)에 따른 최적 살균조건 도출
- 다양한 굵기에 따른 최적 침지-살균조건 도출
- 생산 제품의 조건에 따른 최적공정도출로 다양한 제품에 개발된 기술을 적용가능

2) 소규모 회분식(batch type) 공정의 조건도출
- 침지-살균 복합공정은 연속공정과 회분식공정 모두에서 사용할 수 있는 공정표준조건 도출
- 소량 생산업체를 위한 회분식 침지-살균공정을 도출하므로 중소업체에서 사용가능

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 :아주우수,

1) 현장 생산을 위한 다양한 조건의 실험 수행
● 계획서에 제시한 연구내용에 추가하여 현장생산에 필요한 다양한 조건의 실험수행
● 산미료의 농도별 침지속도, 다양한 단량별, 굵기별 살균조건 도출
2) 산미료 소재의 국산화
● 현재 산업계에 사용되고 있는 수입산(일본F사개발, 제조사 중국) 산미료를 국내소재로 대체하는 검증 실험완료
3) 떡의 방냉(숙성)공정 시의 감균과 건조효과 실험 수행
● 초기균수를 낮추기위하여 방냉시설과 유사한 조건에서 이산화 염소가스를 이용한 초기균수 감균공정 실험 수행
4) 초과적인 정량목표 달성
● 특허(3건), 논문(SCI 4건, KCI3건)등 연구관련 정량목표의 초과달성

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

1) SCI논문
- A quantitative microbiological exposure assessment model for Bacillus cereus in pasteurized rice cakes using computational fluid dynamics and Monte Carlo simulation(Food research international, 125, 1~12p)
- Effects of Low-Temperature Drying with Intermittent Gaseous Chlorine Dioxide Treatment on Texture and Shelf-Life of Rice (PROCESSES, 8(3), 1~18p)
- Developing an Accurate Heat Transfer Simulation Model of Alaska Pollock Surimi Paste by Estimating the Thermal Diffusivities at Various Moisture and Salt Contents (International journal of food engineering, 16(5), 1~194p)
- Effect of Freeze-Drying on Quality and Grinding Process of Food Produce: A Review (PROCESSES, 8(3), 1-23, 2.753)

2) KCI논문
- 압출떡의 유통기한 연장을 위한 LED 조사의 Bacillus cereus 억제 효과 및 LED의 배열에 따른 빛의 조사 패턴 시뮬레이션(Journal of applied biological chemistry, 62(2), 181~186p)
- 산 침지와 이산화 염소 건조 공정을 통한 떡의 유통기한 연장 연구(강원 농업생명환경연구, 32(2), 90-98)
- 반응표면분석을 이용한 압출 떡 제조 공정의 최적화 (한국식품저장유통학회, 27(5), 601-616)

3) 특허

- 이산화염소가 처리된 가래떡 또는 떡볶이떡의 제조방법
- 접촉 면적을 감소시킨 떡국떡의 제조방법
- 유통기한이 연장된 압출 떡의 제조방법

4) 학회발표

- 압출떡의 유통기한 연장을 위한 LED 조사의 Bacillus cereus 억제 효과 및 LED 배열의 따른 빛의 조사 패턴 시뮬레이션
- Optimization of acid treatment in extending white rice cake storability
- Inhibitory effect of acid treatment on the growth of Bacillus cereus in cooked rice cake

Ⅱ. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
역매칭 기관(정남농협)에 유통되고 있는 떡볶이 및 떡국떡의 현황 파악	10	100	
기존 상온 압출 떡류(떡볶이, 떡국용) 가공기술 연구	20	100	
상온 떡 유통기한 연장기술 연구	25	100	
상온 신 유통 가공공정 기술 확립	25	100	
현장 적용을 통한 실증연구	20	100	
합계	100점	100점	

Ⅲ. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 본 연구는 압출떡의 상온유통기한 연장을 위하여 산침지-살균 복합공정을 핵심으로 전처리 공정이 함께 연구되었음
- 상온유통 12개월 이상을 확보하였으며, 세부적으로 다양한 제품별 특성과 공정특성을 고려하여 연구가 확장되었음
- 본 연구는 필요한 산업체에 즉각적인 기술이전이 가능하게 개발되었으며 추가적으로 수입산 소재에 대한 국산화가 가능함을 검증함

2. 주요 연구결과의 요약

1) 압출떡의 상온유통기한 연장기술

- 기존의 6개월이상 상온유통연장기술에 대한 최적화 공정을 적용하여 12개월 이상 연장함
- 이는 해외에 압출떡 수출을 가능하게 함
- 최적화 공정은 다양한 종류 및 농도의 산미료, 다양한 굵기의 압출떡, 다양한 단량(B2C, B2B)에서 수행되었으며 이를 바탕으로 실제 제품을 생산하는 산업체에 실질적 적용이 가능

2) 핵심공정(침지 및 살균)의 표준화 지표도출

- 침지공정은 다양한 산미료에 따른 pH설정기준을 마련하였으며, 살균은 살균도지표를 F95에 근거하여 단량별로 설정하였음
- 대용량의 제품도 포장용기의 크기를 변경하여 표준화된 살균도지표를 달성하는 시간을 단축시켜 가열살균에 의한 품질손실을 최소화함
- 이는 본 연구과제에서 수행하였던 대규모 연속공정이 아닌 소규모의 회분식 공정에도 사용이 가능한 표준화 지표임
- 이와 같은 표준화 지표를 바탕으로 소량생산기업에서도 최소한의 실험을 통하여 최적공정이 도출 가능

3) 방냉건조실 활용을 통한 전처리효과 극대화

- 압출떡의 제조과정에 일반적으로 사용하고 있는 방냉건조실에 이산화염소 기체를 사용하여 초기균수의 감균을 검증함
- 이는 기존의 주정분무 대비 약 2 log CFU/g의 감균을 가능하게 하여 유통기한 연장을 위한 전처리효과를 줄 수 있음
- 이와 같은 전처리효과는 방냉과정이 필수적인 떡국떡의 제조 시 적절하게 사용가능함

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

본 연구는 하기의 관점에서 독자적으로 시도된 부분이며 산업적으로 응용이 가능한 부분임

1) 압출떡의 유통기한 연장
- 본 연구는 계획서상에 기재된 압출떡인 떡볶이 떡 중심으로 다양한 크기 및 단량에 따른 유통기한연장을 위한 기술개발이 이루어짐. (현재 국내 생산비중과 수출비중은 압출떡 중 떡볶이떡의 비중이 가장 높음)
- 추가적으로 떡국떡의 유통기한 연장을 위한 조건을 확보하였음
- 떡국떡은 살균을 할 경우 응집하는 특성이 있으므로 떡의 형상과 냉각공정을 도입하였음

2) 산미료 소재
- 본 연구는 선행연구로 해외에서 개발되어 수입된 산미료를 이용한 선행연구결과를 바탕으로 시작되었음
- 해외개발된 산미료를 이용한 침지공정과 살균복합공정으로 유통기한 연장을 확정한 후 국내에서 개발된 산미료를 이용하여 가능성을 검증함

3) 대용량 포장의 응용사례 발굴
- 표준살균도를 도출하였으며 대용량(B2B) 제품의 포장용기의 형상을 변경하여 살균시간의 최소화를 도출함
- 냉점과 외부와의 온도누적효과를 최소화하여 품질의 균질성을 유지함

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

1) 수출용 압출떡의 생산
- 압출떡의 유통기한 연장으로 수출용 떡의 생산이 가능
- 해외 수출은 가공용쌀의 소모를 촉진하여 과잉공급되는 쌀의 효율적인 소모

2) 명절에 집중되는 물량의 수요예측에 따른 생산
- 떡의 수요가 집중되어 있는 명절은 생산량이 집중되어 있어서 생산에 많은 부하가 있음
- 상온유통기한 연장으로 사전에 생산하여 비축하므로 명절등의 수요가 집중되는 시기에 생산부하를 감소시킬 수 있음

3) 미분의 활용도 확대
- 미분을 활용하여 제조하는 시스템을 구축하였으므로 이를 활용하여 쌀을 1차가공한 소재산업으로서의 미분산업의 확대

Ⅳ. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

본 연구과제를 통하여 개발된 핵심기술들은 특허출원 되었으므로 별도의 보안성은 필요하지 않다고 사료 됨

2. 연구기관 자체의 검토결과

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	□자유응모과제 ☑지정공모과제	분 야	식품공학
연 구 과 제 명	상온 유통 압출떡의 유통기한 연장 기술 개발		
주관연구기관	강원대학교 산학협력단	주관연구책임자	윤원병
연 구 개 발 비	정부출연 연구개발비 / 기업부담금 / 연구기관부담금 / 총연구개발비		
	200,000,000 / 66,800,000 / - / 266,800,000		
연구개발기간	2018.09.10. ~2020.09.09		
주요활용유형	☑산업체이전 □교육 및 지도 □정책자료 □기타( ) □미활용 (사유:)		

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 역매칭 기관(정남농협)에 유통되고 있는 떡볶이 및 떡국떡의 현황 파악	유통되고 있는 압출떡의 단량, 가격, 유통기한 등의 현황을 파악
② 기존 상온 압출 떡류(떡볶이, 떡국용) 가공기술 연구	기존 상온 압출 떡류의 가공 기술별 특성을 검토하고, 개선사항 발굴 및 해결방안 도출
③ 상온 떡 유통기한 연장기술 연구	원료 전처리, 최적 가공기술, 살균 가공기술, 표면코팅 및 포장 가공기술의 연구를 통해 유통기한 연장기술을 확보
③ 상온 신 유통 가공공정 기술 확립	- 현장 가공적성 시험을 통한 최적 제조 공정 확립 - 외부 오염 및 기타 요인으로 인한 제품 위해 발생 방지를 위한 공정 설계 - 상온유통 압출 떡의 시제품 생산 및 다양한 굵기 및 모양을 가지는 제품의 상품화
③ 현장 적용을 통한 실증연구	농협경제지주 소속 회원 조합으로 개발기술 실증 및 기술 이전 완료

3. 연구목표 대비 성과

성과목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식재산권			기술실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책활용·홍보		기타(타연구활용 등)
												논문		논문평균IF	학술발표					
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI					정책활용	홍보전시	
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		건		명	건	건	
가중치	20	-	-	10	-	-	-	-	20	-	-			-	20	10	20			
최종목표	2	1	0	1	80	3	350	60	8	0	0	4	2	4	2	10	2	-	-	-
연구기간내 달성실적	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4	3	10.107	3	15	2	-	-	-
달성율(%)																				

▪ 기술료: 과제 협의회에서 역매칭 과제의 특성상 역매칭 펀드를 제공하는 농협 지주회사에 무상으로 제공하기로 상호 협의함

4. 핵심기술

구분	핵 심 기 술 명
①	압출떡의 유통기한 연장을 위한 산배합-침지-살균 복합공정
②	압출떡의 방냉공정 미생물 제어를 위한 이산화염소 저온 건조 공정
③	대용량 포장제품의 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 냉점 분석과 최소 살균시간 계산
· · ·	살균 떡국떡의 형상 조절과 후처리 공정을 통한 응집도저하 기술

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계최초	국내최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허출원	산업체이전(상품화)	현장애로해결	정책자료	기타
①의 기술	V					V	V			
②의 기술	V					V	V			
③의 기술				V				V		
④의 기술	V					V	V	V		

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	1) 기술의 정의 떡의 제조 공정 시 배합공정에서의 산미료를 첨가하여 pH조절을 통한 교차오염억제 후 이어지는 산침지 공정에서 최적 pH에 도달하는 시간의 단축 및 표면 처리효과 극대화 후 가열살균의 살균도를 최소화 함 2) 연구활용계획 현재 국내 특허 출원되었으며, 정남농협에 기술이전 됨. 압출 떡의 상온유통 시의 유통기한을 12개월이상 연장이 가능한 기술이므로 한국에서 제조된 압출떡을 해외에 수출이 가능함, (현재 떡볶이떡과 같은 압출떡류는 냉동으로 수출되고 있으므로 운송비와 현지 유통이 어려움.) 3) 기대효과 압출떡의 시장확대, 쌀소비 증대, 한류확산에 기여
②의 기술	1) 기술의 정의 현재 국내의 압출떡 제조사들 중 90%이상이 증숙된 떡을 방냉실에서 건조시켜 노화(떡을 굳히는 공정)를 진행시킨 후 최종 제품을 포장하여 판매한다. 이때 방냉실은 저온저장과 알콜분무등이 이루어짐에도 방냉 시 미생물은 2logCFU/g정도 증가한다. 이와 같은 방냉과정 중 미생물의 증가를 최소화하고 감균을 하여 초기균수를 낮추기 위하여 이산화염소 가스를 방냉실에 간헐적으로 투입하여 1logCFU/g 이상의 감균이 이루어지게 하여, 기존 공정대비 약 3logCFU/g의 초기균수를 감균시키는 기술임 2) 연구활용계획 현재 국내특허 출원되었으며, 정남농협에 기술이전됨. (기존의 방냉건조실이 있는 압출떡 제조업체가 사용가능) 3) 기대효과 방냉건조 시의 미생물 감균효과로 산침지나 가열 살균공정을 적용하지 못 할 경우 냉장에서의 유통기한을 기존보다 25~50%연장을 시킬 수 있음
③의 기술	1) 기술의 정의 대용량으로 포장된 제품에 살균을 진행할 경우 냉점과 표면의 온도차가 크게 되면 표면쪽이 과도하게 살균이 될 수 있음. 이를 해결하기 위해서는 포장용기의 크기에 따른 정확한 냉점을 계산해야 하며, 그 냉점에서의 살균시간이 최소활 될 수 있도록 포장용기의 형상을 설계하여야 함. 본 기술은 이와 같이 포장용기의 형상설계와 냉점을 컴퓨터 시뮬레이션으로 찾아서 최소살균시간을 도출하는 기술임 2) 연구활용계획 필요한 기업체에 대한 맞춤식 문제해결형 기술로서 개발된 기술은 '노하우'로 필요시 정남농협이나 필요한 기관에 이전할 계획임 3) 기대효과 다품종 소량생산 체제에서 다양한 단량이 요구되므로 포장단량의 변경 시 기준 살균도를 유지하며 최소한의 열처리로 품질을 유지하는 것이 필요하므로 이와 같은 산업현장의 필요성을 충족시켜 B2C와 B2B의 모든 제품을 연구개발된 기술에 적용할 수 있음

④의 기술	1) 기술의 정의 살균 떡국떡의 경우 떡국떡의 표면적이 넓어 살균 시 서로 붙는 현상이 발생하여 소비자 선호도가 저하됨. 이를 해결하기 위하여 떡국떡의 접촉표면적을 최소화 할 수 있는 형상을 찾았으며 이를 이용하여 살균 후 냉각과정을 거쳐 응집을 최소화하는 기술 2) 연구활용계획 해당 기술은 특허 출원되었으며 정남농협에 기술이전 됨. 3) 기대효과 이 기술은 떡국떡에 특화된 기술로서 떡국떡은 명절 물량이 많은 제품으로 명절물량을 생산하기 위해서는 대규모의 생산체제가 필요하며 명절이 아닌 경우는 가동율이 떨어지게 됨. 상온유통 떡국떡은 명절특수 이전에 떡을 생산하여 명절기간에 판매할 수 있으므로 물량의 집중을 막을 수 있으며, 또한 소규모 떡제조 공장에서도 명절용 물량을 생산하여 판매가 가능함

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식재산권			기술실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책활용·홍보		기타(타연구활용등)
												논문		논문평균IF	학술발표					
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI					정책활용	홍보전시	
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		건		명			
가중치	20	-	-	10	-	-	-	-	20	-	-			-	20	10	20			
최종목표	2	1	0	1	80	3	350	60	8	0	0	4	2	4	2	10	2	-	-	-
연구기간내 달성실적	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4	3	10.107	3	15	2	-	-	-
연구종료후 성과창출 계획																				

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명[1]	유통기한이 연장된 압출 떡의 제조방법		
이전형태	■무상 □유상	기술료 예정액	0천원
이전방식[2]	□소유권이전 □전용실시권 ■통상실시권 □협의결정 □기타( )		
이전소요기간	계약일로부터 3년	실용화예상시기[3]	
기술이전시 선행조건[4]	연구결과에 대한 보고서 공유 및 방문하여 기술지도		

핵심기술명[1]	접촉면적을 감소시킨 떡국떡의 제조방법		
이전형태	■무상 □유상	기술료 예정액	0천원
이전방식[2]	□소유권이전 □전용실시권 ■통상실시권 □협의결정 □기타( )		
이전소요기간	계약일로부터 3년	실용화예상시기[3]	
기술이전시 선행조건[4]	연구결과에 대한 보고서 공유 및 방문하여 기술지도		

핵심기술명[1]	이산화연소가 처리된 가래떡 또는 떡볶이떡 제조방법		
이전형태	■무상 □유상	기술료 예정액	0천원
이전방식[2]	□소유권이전 □전용실시권 ■통상실시권 □협의결정 □기타( )		
이전소요기간	계약일로부터 3년	실용화예상시기[3]	
기술이전시 선행조건[4]	연구결과에 대한 보고서 공유 및 방문하여 기술지도		

1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
   통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.